

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MÔNICA CRISTINA DE CASTRO

**DETECÇÃO DA OCORRÊNCIA DAS CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS NO
PROCESSO DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA DE CARTAS
TOPOGRÁFICAS URBANAS COM UM SISTEMA ESPECIALISTA**

CURITIBA

2014

MÔNICA CRISTINA DE CASTRO

**DETECÇÃO DA OCORRÊNCIA DAS CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS NO
PROCESSO DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA DE CARTAS
TOPOGRÁFICAS URBANAS COM UM SISTEMA ESPECIALISTA**

Dissertação apresentada como requisito parcial
à obtenção do grau de mestre em Ciências
Geodésicas, Curso de Pós-Graduação em
Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da
Terra, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dra. Claudia Robbi Sluter

CURITIBA

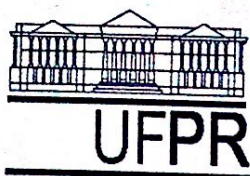
2014

Catalogação na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

- C355d Castro, Mônica Cristina de
Detecção da ocorrência das condições geométricas no processo de
generalização cartográfica de cartas topográficas urbanas com um sistema
especialista / Mônica Cristina de Castro. – Curitiba, 2014.
140f. : il. [algumas color.] ; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de
Ciências da Terra, Programa de Pós-graduação em Ciências Geodésicas,
2014.
- Orientadora: Claudia Robbi Sluter.
Bibliografia: p. 115-118.
1. Cartografia. 2. Generalização cartográfica. I. Universidade Federal
do Paraná. II. Sluter, Claudia Robbi. III. Título.

CDD: 526.8

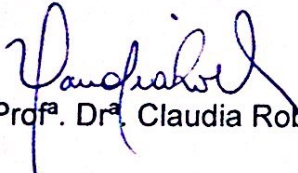
Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani CRB-9/1585

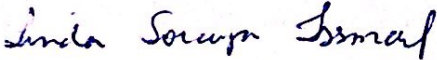


Universidade Federal do Paraná
Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas
Caixa Postal 19001 - Fone: (41) 361-3153
CEP 81531-990 - Curitiba - PR - Brasil - e-mail: cpgec@ufpr.br

Ata da sessão pública de Defesa de Dissertação para obtenção do grau de mestre em Ciências. Aos vinte e sete dias do mês de agosto de dois mil e quatorze, na sala PI-13 do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, às 08:30 horas, reuniu-se em sessão pública a Banca Examinadora da prova de Defesa de Dissertação da candidata ao Título de Mestre em Ciências **MÔNICA CRISTINA DE CASTRO** composta por: Profª. Drª. Claudia Robbi Sluter (UFPR) como Orientadora e Presidente, Drª. Linda Soraya Issmael (GSI) e Prof. Dr. Henrique Firkowski (UFPR) como membros. Após os esclarecimentos prestados pelo candidato às arguições feitas pelos membros da Banca, a Srª. Presidente suspendeu temporariamente a sessão a fim de que a Banca se reunisse em sessão secreta para deliberar sobre o resultado. Reaberta a sessão, a Srª. Presidente deu conhecimento a candidata que de conformidade com o Art. 28º da Resolução 45/90 do CEP, a dissertação foi **aprovada** apenas condicionada à apresentação, no prazo de sessenta dias, da redação final com as alterações sugeridas.

Curitiba, 27 de agosto de 2014.


Profª. Drª. Claudia Robbi Sluter – Orientadora e Presidente(UFPR)


Drª. Linda Soraya Issmael – Membro (GSI)


Prof. Dr. Henrique Firkowski – Membro (UFPR)

Título da Dissertação "DETECÇÃO DA OCORRÊNCIA DAS CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS NO PROCESSO DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA DE CARTAS TOPOGRÁFICAS URBANAS COM UM SISTEMA ESPECIALISTA"

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida.

A minha orientadora, professora Claudia Robbi Sluter, por toda a paciência, incentivo, dedicação, pelas sugestões e ensinamentos, e pela confiança em mim depositada.

Aos professores Luis Augusto Veiga e Luciene Delazari, pelos conselhos, ensinamentos e encorajamento, desde a graduação até a finalização do curso de pós-graduação.

A minha família, pelos conselhos, confiança, apoio e amor incondicionais, pelo companheirismo e pela compreensão nos momentos de ausência.

A todos os colegas do LABCARTO e do curso de pós-graduação pelo apoio e amizade, em especial a Cynthia, Marília, Everton, Lyssandra, Marly, João Vitor e André.

Ao CNPq pelo benefício da bolsa de estudos e ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas pelo curso e pela estrutura fornecidos.

A Mônica, pelas conversas e pela ajuda para lidar com os aspectos burocráticos do curso.

As amigas, que de alguma forma me apoiaram durante a pós-graduação, sempre dispostas a ajudar: Alyne, Caroline, Emily, Fernanda, Francine, Lauriane, Lorena, Tabata.

RESUMO

Um mapa produzido a partir da redução de escala pode apresentar problemas de representação cartográfica, como a aglomeração de feições, o que prejudica a sua legibilidade. Para resolver tal questão e manter a comunicação cartográfica eficiente, o processo de generalização cartográfica deve ser aplicado. Quando os problemas de representação são tratados como condições geométricas e analisados com parâmetros gráficos, podem ser utilizados como indicativo da necessidade de generalização. Neste trabalho tem-se como objetivo propor a automatização da detecção de problemas de representação relacionados às feições de edificações, limites de propriedade e vias de uma carta topográfica urbana na escala 1:5.000, derivada de uma outra carta na escala 1:2.000. Para tal foi necessário detectar visualmente as condições geométricas existentes na carta reduzida, verificar quais condições geométricas podem ser relacionadas aos problemas de visibilidade e legibilidade, definir os parâmetros gráficos e, por fim, desenvolver regras que possam ser implementadas em um sistema especialista. Isto foi desenvolvido no aplicativo *MoldeBuilder*, que, com auxílio de ferramentas de análise espacial, realiza medidas geométricas sobre as feições de interesse. Como resultado, novas camadas de dados são geradas contendo as feições que apresentam os problemas de representação e estas são destacadas das demais. A generalização é um processo subjetivo, dependente do profissional que o realiza e dos objetivos do usuário que o utilizará. Portanto, a automatização de parte deste processo pode ajudar a formalizá-lo, tornando-o menos dependente da influência e do controle humano e, assim, mais eficiente.

Palavras-chave: generalização cartográfica, problemas de representação, visibilidade, legibilidade, condições geométricas.

ABSTRACT

When a map is produced by scale reduction, representation problems can appear, such as clustering features, which impairs its legibility. To solve this problem and maintain effective the cartographic communication, the cartographic generalization process should be applied in the new map. When these problems are view as geometric conditions and analyzed with graphical parameters they can be used as an indicative of the need for generalization. This work aims to automate the detection of representation problems of features of buildings, property boundaries and roads in an urban topographic map scale 1:5.000, derived from another on scale 1:2.000. For this it was necessary to visually detect geometrical conditions, verify which geometric conditions can be related to visibility and legibility problems, set graphics parameters and to develop rules that can be implemented on an expert system. This was developed in ModelBuilder, which, with aid of spatial analysis tools, make geometric measures on features of interest. As a result, new data layers are generated containing the features that show representation problems. Generalization is a subjective and human-dependent process, on the professional and on the user's objectives. Therefore, automating part of this process can help formalize it, making it less dependent of human control and influences, and thus more efficient.

Key-words: cartographic generalization, representation problems, visibility, legibility, geometric conditions.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - RECORTE DE UMA CARTA TOPOGRÁFICA DE DIETIKON NA ESCALA 1:5.000	19
FIGURA 2 - RECORTE DE UMA CARTA TOPOGRÁFICA DE DIETIKON NA ESCALA 1:25.000	19
FIGURA 3 - PROCESSOS MANTENEDORES DA MAPOTECA TOPOGRÁFICA DIGITAL	21
FIGURA 4 - MODELO DE COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA.....	23
FIGURA 5 - ELEMENTOS DE ORGANIZAÇÃO ESPACIAL. PROXIMIDADE (a), SIMILARIDADE (b), CONTINUIDADE (c)	27
FIGURA 6 - RECORTE DA CARTA TOPOGRÁFICA DO BAIRRO CENTRO HISTÓRICO DE PARANAGUÁ NA ESCALA 1:2.000	28
FIGURA 7 - RECORTE DA CARTA TOPOGRÁFICA DO BAIRRO CENTRO HISTÓRICO DE PARANAGUÁ NA ESCALA 1:5.000	29
FIGURA 8 - GENERALIZAÇÃO DE MODELO E CARTOGRÁFICA.....	30
FIGURA 9 - MODELO CONCEITUAL DE MCMASTER & SHEA.....	39
FIGURA 10 - EXEMPLO DE CONGESTIONAMENTO	43
FIGURA 11 - EXEMPLO DE COALESCÊNCIA	44
FIGURA 12 - EXEMPLO DE CONFLITO	45
FIGURA 13 - EXEMPLO DE COMPLICAÇÃO	46
FIGURA 14 - EXEMPLO DE INCONSISTÊNCIA	47
FIGURA 15 - EXEMPLO DE IMPERCEPTIBILIDADE	48
FIGURA 16 - ÁREA DE ESTUDO	56
FIGURA 17 - EXEMPLO DE PROBLEMAS DE EDIÇÃO	57
FIGURA 18 - EXEMPLO DE PROBLEMA DE EDIÇÃO DAS EDIFICAÇÕES	58
FIGURA 19 - RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS DE EDIÇÃO DA CLASSE EDIFICAÇÕES.....	59
FIGURA 20 - RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS DE EDIÇÃO DA CLASSE LIMITES DE PROPRIEDADE	60
FIGURA 21 - ETAPAS DA METODOLOGIA	61
FIGURA 22 - RECORTE DA CARTA DE CAMPO LARGO NA ESCALA 1:2.000 (a) E APÓS A REDUÇÃO DE ESCALA 1:5.000 (a).....	62

FIGURA 23 - CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS QUE DEMANDAM GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA.....	63
FIGURA 24 - IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO NA CARTA DE CAMPO LARGO	64
FIGURA 25 - ARCTOOLBOX.....	69
FIGURA 26 - JANELA PROPRIEDADES E TELA INICIAL DE UM NOVO MODELO	70
FIGURA 27 - EXEMPLO DE NOME E DESCRIÇÃO DE UM MODELO	71
FIGURA 26 - JANELA DE CONFIGURAÇÕES DO AMBIENTE	71
FIGURA 29 - MODELO DE CICLO DE VIDA DESENVOLVIDO PARA SISTEMAS ESPECIALISTAS	73
FIGURA 30 - CATEGORIAS CRIADAS	74
FIGURA 31 - PARÂMETROS E CONFIGURAÇÕES.....	75
FIGURA 32 - DEFINIÇÃO DA SIMBOLOGIA PARA OS VÉRTICES SELECIONADOS	75
FIGURA 33 - RECORTE DA CARTA DE CAMPO LARGO NA ESCALA 1:2.000 (a) E APÓS A REDUÇÃO DE ESCALA 1:5.000 (a).....	77
FIGURA 34 - RECORTE DA CARTA DE PINHAIS NA ESCALA 1:2.000 (a) E APÓS A REDUÇÃO DE ESCALA 1:5.000 (a).....	78
FIGURA 35 - EDIFICAÇÃO INDUSTRIAL NA ESCALA 1:500.....	79
FIGURA 36 - IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO NA CARTA DE PINHAIS.....	80
FIGURA 37 - FERRAMENTA SELEÇÃO POR LOCALIZAÇÃO	82
FIGURA 38 - APLICAÇÃO DA FUNÇÃO SELEÇÃO POR LOCALIZAÇÃO	82
FIGURA 39 - DIAGRAMA DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DE PROXIMIDADE EXCESSIVA ENTRE FEIÇÕES	84
FIGURA 40 - FERRAMENTAS INTEGRANTES DO SISTEMA PARA DETECTAR PROXIMIDADE EXCESSIVA ENTRE FEIÇÕES	86
FIGURA 41 - ARVORÉ DE DECISÃO DO SISTEMA IMPLEMENTADO PARA ESPAÇAMENTO ENTRE FEIÇÕES	87
FIGURA 42 - JANELA DE INTERAÇÃO COM O USUÁRIO PARA A DETECÇÃO DE CONGESTIONAMENO E COALESCÊNCIA.....	88
FIGURA 43 – MODELO ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DO PROBLEMA DE LEGIBILIDADE PARA EDIFICAÇÕES PÚBLICAS	89

FIGURA 44 – RESULTADO DO SISTEMA PARA DETECÇÃO DE PROBLEMA DE LEGIBILIDADE PARA EDIFICAÇÕES PÚBLICAS	90
FIGURA 45 - MODELO ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DO PROBLEMA DE LEGIBILIDADE PARA EDIFICAÇÕES COMERCIAIS	91
FIGURA 46 – RESULTADO DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DE PROBLEMAS DE LEGIBILIDADE PARA EDIFICAÇÕES DE SAÚDE.	92
FIGURA 47 – RESULTADO DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DE PROBLEMAS DE LEGIBILIDADE PARA EDIFICAÇÕES COMERCIAIS NA ESCALA 1:2.000	93
FIGURA 48 - RESULTADO DO SISTEMA ESPECIALISTA COM A MESMA FEIÇÃO ESTÁ REPRESENTADA EM MAIS DE UMA CLASSE.....	93
FIGURA 49 - EDIFICAÇÕES DE SAÚDE QUE APRESENTAM PROBLEMAS DE LEGIBILIDADE VISUALIZADAS NA ESCALA 1:1.000	94
FIGURA 50 - RESULTADO DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DE PROBLEMAS DE LEGIBILIDADE PARA EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS	94
FIGURA 51 - EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS E FEIÇÕES VIZINHAS QUE APRESENTAM PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO NA ESCALA 1:2.000	95
FIGURA 52 - RESULTADO DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DE PROBLEMAS DE LEGIBILIDADE PARA EDIFICAÇÕES RELIGIOSAS NA ESCALA 1:2.000	95
FIGURA 53 - TABELA DE ATRIBUTOS DA CLASSE EDIFICAÇÕES COMERCIAIS COM OS CAMPOS ADICIONADOS	96
FIGURA 54 - RESULTADO DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DE PROBLEMAS DE LEGIBILIDADE PARA EDIFICAÇÕES DE RUÍNAS	97
FIGURA 55 - TABELA DE ATRIBUTOS DA CAMADA DE SOBREPOSIÇÃO RESULTANTE DO SISTEMA GERADA PARA AS EDIFICAÇÕES DE RUÍNAS.....	97
FIGURA 56 - DIAGRAMA DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DE IMPERCEPTIBILIDADE	99
FIGURA 57 - ÁRVORE DE DECISÃO DO SISTEMA IMPLEMENTADO PARA VERIFICAR O TAMANHO DOS DETALHES DAS FEIÇÕES.....	100

FIGURA 58 - MODELO ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DA IMPERCEPTIBILIDADE PARA EDIFICAÇÕES DE ENSINO	101
FIGURA 59 - RESULTADO DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DA IMPERCEPTIBILIDADE PARA EDIFICAÇÕES DE ENSINO	102
FIGURA 60 – VÉRTICES APRESENTADOS COMO RESULTADO DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DA IMPERCEPTIBILIDADE PARA EDIFICAÇÕES DE ENSINO	102
FIGURA 61 - TABELA DE ATRIBUTOS DA CLASSE EDIFICAÇÕES DE ENSINO RESULTANTE DO SISTEMA ESPECIALISTA DESENVOLVIDO PARA DETECÇÃO DA CONDIÇÃO DE IMPERCEPTIBILIDADE PARA A CLASSE DE EDIFICAÇÕES DE ENSINO	103
FIGURA 62 - VÉRTICES DESTACADOS DE UMA EDIFICAÇÃO COMERCIAL ...	104
FIGURA 63 - VÉRTICES SELECIONADOS DAS EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS ..	105
FIGURA 64 - VÉRTICES SELECIONADOS PELO MODELO DE DETECÇÃO DA CONDIÇÃO DE IMPERCEPTIBILIDADE VISTOS NA ESCALA 1:500	106
FIGURA 65 – VÉRTICES ERRONEAMENTE SELECIONADOS DE UMA EDIFICAÇÃO INDUSTRIAL	107
FIGURA 66 - VÉRTICES SELECIONADOS DAS EDIFICAÇÕES PÚBLICAS	107
FIGURA 67 - VÉRTICES SELECIONADOS DAS EDIFICAÇÕES PÚBLICAS VISUALIZADOS NA ESCALA 1:1.000	108
FIGURA 68 - VISUALIZAÇÃO DOS RESULTADOS DOS SISTEMAS ESPECIALISTAS DESENVOLVIDOS PARA DETECTAR OS PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO DA CLASSE EDIFICAÇÕES PÚBLICAS	109
FIGURA 69 - VISUALIZAÇÃO DOS RESULTADOS DOS SISTEMAS ESPECIALISTAS DESENVOLVIDOS PARA DETECTAR OS PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO DA CLASSE EDIFICAÇÕES PÚBLICAS NA ESCALA 1:200	110
FIGURA 70 - VISUALIZAÇÃO DOS RESULTADOS DOS SISTEMAS ESPECIALISTAS DESENVOLVIDOS PARA DETECTAR OS PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO DA CLASSE EDIFICAÇÕES PÚBLICAS NA ESCALA 1:200 APÓS ALTERAÇÃO DA SIMBOLOGIA	110

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – FATORES QUE CARACTERIZAM OS PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO	25
QUADRO 2 – PARÂMETROS GRÁFICOS RECOMENDADOS POR REGNAULD (2001) E PELA SSC (2002).....	26
QUADRO 3 – TIPOS DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA	30
QUADRO 4 – OPERADORES POR TIPO DE TRANSFORMAÇÃO E FINALIDADE SEMELHANTE	33
QUADRO 5 – PARÂMETROS DE LEGIBILIDADE DO SISTEMA DE BEARD E MACKANESS.....	36
QUADRO 6 – TIPOS DE SISTEMAS ESPECIALISTAS E SUAS APLICAÇÕES	52
QUADRO 7 – DADOS DOS MUNICÍPIOS ANALISADOS	55
QUADRO 8 – PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO E CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS.....	65
QUADRO 9 – CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS E PARÂMETROS GRÁFICOS	66
QUADRO 10 – DIMENSÕES MÍNIMAS RECOMENDADAS PELA SSC	67
QUADRO 11 – PARÂMETROS GRÁFICOS RECOMENDADOS PELO IGN, SSC E TAURA.....	68
QUADRO 12 – COMPONENTES DO SISTEMA ESPECIALISTANO MODELBUILDER.....	72
QUADRO 13 – FUNÇÕES DE ANÁLISE ESPACIAL E SUA LOCALIZAÇÃO NO ARCTOOLBOX	80
QUADRO 14 – FUNÇÕES DE ANÁLISE ESPACIAL ADICIONAIS	81
QUADRO 15 – FUNÇÕES ADICIONAIS NECESSÁRIAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA ESPECIALISTA.....	83

LISTA DE SIGLAS

CTCG	– Câmera Técnica de Cartografia e Geoprocessamento
DSG	– Diretoria do Serviço Geográfico
GPS	– <i>Global Positioning System</i>
IA	– Inteligência Artificial
IBGE	– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICA	– <i>International Cartography Association</i>
IGN	– <i>Institut Géographique National</i>
MST	– <i>Minimum Spanning Tree</i>
MDT	– Modelo Digital do Terreno
MTD	– Mapoteca Topográfica Digital
PDM	– Plano Diretor Municipal
SAD69	– South America Datum 1968
SIG	– Sistemas de Informação Geográfica
SSC	– <i>Swiss Society of Cartography</i>
SQL	– <i>Structured Query Language</i>
UTM	– Universal Transversa de Mercator
USGS	– <i>United States Geological Survey</i>

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
1.1.	OBJETIVOS.....	15
1.1.1.	Objetivo Geral.....	15
1.1.2.	Objetivos Específicos.....	16
1.2.	JUSTIFICATIVA	16
2.	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1.	MAPEAMENTO BÁSICO PARA GRANDES ESCALAS	18
2.2.	COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA.....	22
2.3.	GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA	27
2.3.1.	Histórico e Definições	27
2.3.2.	Generalização Automática Digital	34
2.3.3.	Modelos Conceituais.....	37
2.3.4.	Modelo de McMaster & Shea.....	39
2.3.4.1.	Avaliação cartométrica – quando generalizar.....	43
2.4.	SISTEMAS ESPECIALISTAS	50
3.	METODOLOGIA PARA DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA ESPECIALISTA.....	55
3.1.	ÁREA DE ESTUDO.....	55
3.3.	MÉTODO	60
3.3.1.	Redução Geométrica da Escala da Carta.....	61
3.3.2.	Detecção Visual das Condições Geométricas	63
3.3.3.	Verificação de quais Condições Geométricas Caracterizaram os Problemas de Representação	64
3.3.4.	Definição dos parâmetros gráficos	65
3.3.5.	Análise das Funções de Análises Espaciais.....	68
3.3.6.	Projeto do Sistema Especialista	70
4.	ANÁLISE DOS RESULTADOS	77

4.1.	REDUÇÃO GEOMÉTRICA, DETECÇÃO VISUAL DAS CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS	77
4.2.	ANÁLISE DAS FUNÇÕES DE ANÁLISE ESPACIAL	80
4.3.	MODELO ESPECIALISTA – LEGIBILIDADE	83
4.4.	MODELO ESPECIALISTA – VISIBILIDADE	98
5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	112
	REFERÊNCIAS	115
	APÊNDICE 1 - RECORTE DA ÁREA DE ESTUDO 01 - MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO OESTE	119
	APÊNDICE 2 - RECORTE DA ÁREA DE ESTUDO 02 - MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO LESTE	120
	APÊNDICE 3 - RECORTE DA ÁREA DE ESTUDO 03 - MUNICÍPIO DE PINHAIS OESTE	121
	APÊNDICE 4 - RECORTE DA ÁREA DE ESTUDO 04-MUNICÍPIO DE PINHAIS NORTE.....	122
	APÊNDICE 5 – MODELO PARA A DETECÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONGESTIONAMENTO E COALESCÊNCIA – EDIFICAÇÕES COMERCIAIS.....	123
	APÊNDICE 6 – MODELO PARA A DETECÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONGESTIONAMENTO E COALSCÊNCIA – EDIFICAÇÕES COMERCIAIS	124
	APÊNDICE 7 - MODELO PARA A DETECÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONGESTIONAMENTO E COALESCÊNCIA – EDIFICAÇÕES RELIGIOSAS	125
	APÊNDICE 8 - MODELO PARA A DETECÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONGESTIONAMENTO E COALESCÊNCIA – EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS.....	126

APÊNDICE 9 - MODELO PARA A DETECÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONGESTIONAMENTO E COALESCÊNCIA – EDIFICAÇÕES PÚBLICAS	127
APÊNDICE 10 - MODELO PARA A DETECÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONGESTIONAMENTO E COALESCÊNCIA – EDIFICAÇÕES DE SAÚDE	128
APÊNDICE 11 - MODELO PARA A DETECÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONGESTIONAMENTO E COALESCÊNCIA – EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS	129
APÊNDICE 12 - MODELO PARA A DETECÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONGESTIONAMENTO E COALESCÊNCIA – RUÍNAS	130
APÊNDICE 13 – MODELO PARA A DETECÇÃO DA CONDIÇÃO DE IMPERCEPTIBILIDADE – EDIFICAÇÕES COMERCIAIS	131
APÊNDICE 14 – MODELO PARA A DETECÇÃO DA CONDIÇÃO DE IMPERCEPTIBILIDADE – EDIFICAÇÕES DE ENSINO	132
APÊNDICE 15 – MODELO PARA A DETECÇÃO DA CONDIÇÃO DE IMPERCEPTIBILIDADE – EDIFICAÇÕES RELIGIOSAS	133
APÊNDICE 16 - MODELO PARA A DETECÇÃO DA CONDIÇÃO DE IMPERCEPTIBILIDADE – EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS	134
APÊNDICE 17 - MODELO PARA A DETECÇÃO DA CONDIÇÃO DE IMPERCEPTIBILIDADE – EDIFICAÇÕES PÚBLICAS	135
APÊNDICE 18 - MODELO PARA A DETECÇÃO DA CONDIÇÃO DE IMPERCEPTIBILIDADE – EDIFICAÇÕES DE SAÚDE	136
APÊNDICE 19 - MODELO PARA A DETECÇÃO DA CONDIÇÃO DE IMPERCEPTIBILIDADE – EDIFICAÇÕES DE RUÍNAS	137
ANEXO 1 - SIMBOLOGIA PROPOSTA PARA CARTAS TOPOGRÁFICAS DO PARANÁ – CLASSE EDIFICAÇÕES	138
ANEXO 2 - SIMBOLOGIA PROPOSTA PARA CARTAS TOPOGRÁFICAS DO PARANÁ – CLASSE VIAS	139

1. INTRODUÇÃO

Generalização cartográfica pode ser descrita como um processo que ajusta a quantidade e a representação das feições em um mapa quando este tem sua escala reduzida ou seu tema alterado (D'ALGE, 2007). Quando a escala é alterada sem generalização, a densidade de dados representados aumenta, pois, o espaço reservado para a representação continua o mesmo. Ruas (2004) afirma que a generalização cartográfica deve reduzir a quantidade de feições e ressaltar as mais importantes, permanecer fiel aos dados originais e propiciar a leitura do mapa. Portanto, a generalização deve ser aplicada na derivação de mapas para que problemas decorrentes da redução de escala possam ser minimizados ou evitados, de modo que a visibilidade e a legibilidade sejam mantidas.

A generalização cartográfica pode ser adotada na produção de cartas topográficas derivadas de uma escala base. Cartas topográficas, produtos do mapeamento topográfico de um país, são de uso geral, dão suporte a qualquer atividade que seja relacionada ao planejamento e à ocupação do território e devem ser usadas como base para gerar outras variedades de mapas. Consequentemente, estas devem representar as feições de modo acurado e preciso. Feições são objetos ou informações cuja localização em relação à superfície terrestre é conhecida. A escala condiciona a quantidade de dados e o nível de detalhamento da representação (KEATES, 1973). Quanto maior a escala, menor é a região da superfície representada, porém mais detalhada é a representação. O processo de generalização está diretamente relacionado com a escala. Qualquer carta que seja produzida por redução de escala, apresenta problemas de sobreposição e congestionamento de feições (JOÃO, 1998).

Em países em que a produção de cartas topográficas é tradicional, o mapeamento é executado através de levantamentos diretos realizados em uma ou duas escalas base e as cartas nas demais escalas, são geradas a partir da generalização cartográfica. Por exemplo, o mapeamento da Grã-Bretanha é responsabilidade do *Ordnance Survey*, que produz cartas a partir de levantamentos diretos em três escalas base: 1:1.250, 1:2.500 e 1:10.000. As representações em escalas menores são derivadas e generalizadas destas cartas (JOÃO, 1998).

Durante o processo de generalização cartográfica várias decisões tomadas pelo cartógrafo são subjetivas. Uma mesma carta generalizada por dois cartógrafos apresenta resultados diferentes. Isso ocorre porque profissionais distintos interpretam os problemas decorrentes da redução da carta à sua própria maneira. Conforme JOÃO (1998), cada cartógrafo usa sua experiência, sua intuição e seu conhecimento da área mapeada para realizar a generalização. No caso da generalização ser realizada manualmente, a subjetividade se torna evidente na seleção dos operadores de generalização e ao grau de aplicação destes (MCMASTER & SHEA, 1992). Em ambiente digital, este aspecto pode ser decorrente da seleção das diferentes ferramentas disponíveis para a aplicação dos operadores de generalização. Estes são responsáveis pelas transformações espaciais ou conceituais dos dados no processo de generalização. Portanto, a subjetividade está presente tanto no processo de generalização manual quanto no digital.

A decisão sobre a seleção e a aplicação dos operadores de generalização deve estar condicionada aos problemas de representação de um mapa reduzido em escala, também chamados de condições geométricas por McMaster & Shea (1992). Tais condições, juntamente com outros aspectos, as medidas espaciais e holísticas e os controles de transformação, constituem a avaliação cartométrica (MCMASTER & SHEA, 1992). Tal avaliação indica se a generalização é necessária. No entanto, pode-se verificar esta necessidade com base em outros fatores. Segundo Lecordix (2011) há três aspectos decorrentes da redução de escala que especificam quando generalizar: problemas de visibilidade, de legibilidade e de interpretação.

Tais fatores podem ser relacionados com as condições geométricas de congestionamento, coalescência, conflito, complicação, inconsistência e imperceptibilidade. De acordo com McMaster & Shea (1992), há situações nas quais a carta derivada não oferece uma representação compreensível devido à presença destas condições que indicam a necessidade de generalização. Por exemplo, é possível que a redução de escala resulte em uma representação com feições muito próximas entre si e com a concentração de diferentes informações. Neste caso, pode-se dizer que a carta apresenta as condições de congestionamento e coalescência, e desta forma, o problema de legibilidade está presente, pois o usuário poderá ter dificuldade em visualizar um símbolo, distinguir sua forma e seus detalhes, e identificar a feição. Diante deste caso, a carta poderá não ser corretamente interpretada.

Nalini (2005) afirma que a produção de cartas derivadas no Estado do Paraná, a partir de uma escala base, é feita apenas por seleção de informações baseada no conhecimento e experiência dos profissionais que utilizam esses documentos. A seleção consiste na definição de quais classes de feições serão representadas nas cartas de escala 1:5.000 e 1:10.000. Não é feita uma análise visual do produto final e, por consequência, a carta reduzida não sofre generalização, no sentido de transformações espaciais e semânticas. Em razão disto, fatores que comprometem a visibilidade e a legibilidade surgem.

O trabalho de Taura (2007) confirma que a redução de escala de 1:2.000 para 1:5.000 e de 1:5.000 para 1:10.000 pode resultar em cartas com um alto grau de complexidade visual e feições representadas de maneira desorganizada, caracterizando as condições geométricas que demandam por generalização. A detecção das condições geométricas, nos dois trabalhos, foi feita visualmente com base na análise das cartas reduzidas em escala. McMaster & Shea (1992) afirmam que a avaliação cartométrica, quando realizada manualmente, é algo subjetivo. Isto ocorre porque nenhum critério absoluto para esta avaliação foi definido (CROMLEY & MORSE, 1988). É necessário, então, vincular medidas geométricas a estas condições (D'ALGE, 2007). Tais condições referem-se aos tamanhos mínimos identificáveis para as feições e seus símbolos.

Na publicação da *Swiss Society of Cartography* – SSC (2002) está estabelecido valores mínimos para as medidas geométricas, com relação à espessura de linhas, dimensões e espaçamento mínimos de símbolos pontuais e de área para que se mantenha a legibilidade, baseados no limite de percepção do olho humano. Taura (2007) e Spinola (2010) também utilizam valores baseados no mesmo critério.

Apesar da existência de parâmetros gráficos que podem caracterizar as condições geométricas, a detecção destas ainda é uma ação subjetiva, e exige conhecimento que deve ser inferido pelo cartógrafo, pois ainda não há solução computacional completa para realizar esta identificação, sendo então necessária sua proposição e implementação. Os atuais *softwares* de cartografia digital possuem ferramentas de análise espacial que podem ser utilizadas como auxílio na identificação de determinadas situações que caracterizam as condições geométricas (STEINIGER & WEIBEL, 2007). No entanto, a verificação dos problemas de visibilidade e legibilidade realizada somente deste modo ainda exige a interferência do cartógrafo e, em muitos casos, não é um procedimento holístico.

Reconhecer os problemas de visibilidade e legibilidade somente de modo visual demanda tempo e esforço, além de ser uma tarefa que necessita de soluções subjetivas. Aplicar ferramentas de análise espacial para tal reconhecimento pode apresentar vantagens, porém o processo ainda se mostra dependente de cada cartógrafo que o realiza. Percebe-se a necessidade de tornar o processo de generalização cartográfica menos tendencioso, através da detecção automática, por meio de algoritmos, dos problemas de representação. No entanto, há esta dificuldade de formalizar o conhecimento a respeito dos problemas que levam à generalização.

Com base no exposto propõe-se como problema a ser investigado nesta pesquisa: como caracterizar os problemas de visibilidade e legibilidade relacionados às feições de edificações, limites de propriedade e vias representadas em cartas topográficas na escala 1:5.000 derivadas da escala 1:2.000, de modo que estes problemas possam ser descritos através de regras de um sistema especialista e, assim, indicar critérios para generalização?

Para a hipótese afirma-se que através da descrição e definição de parâmetros gráficos referentes às condições geométricas, pode-se caracterizar os problemas de visibilidade e legibilidade decorrentes da derivação da carta na escala 1:2.000 para 1:5.000 e assim, chegar a automatização das decisões sobre os critérios de generalização.

No Capítulo 2 apresenta-se a revisão bibliográfica sobre mapeamento básico para grandes escalas, comunicação cartográfica, generalização cartográfica e sistemas especialistas. O Capítulo 3 descreve a metodologia utilizada nesta pesquisa e o Capítulo 4 mostra os resultados dos experimentos realizados. As conclusões e sugestões para trabalhos futuros são apresentadas no Capítulo 5.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Automatizar a identificação das condições geométricas relacionadas às feições de edificações, limites de propriedade e vias representadas em uma carta topográfica original na escala 1:2.000 derivada para a escala 1:5.000.

1.1.2. Objetivos Específicos

1. Identificar visualmente as condições geométricas decorrentes da redução de escala da carta 1:2.000 para 1:5.000;
2. Caracterizar, em função das condições geométricas, os problemas de visibilidade e legibilidade quando se reduz em escala uma carta topográfica;
3. Vincular parâmetros gráficos a tais condições para dar suporte à avaliação cartométrica;
4. Descrever e formalizar os problemas de visibilidade e legibilidade por meio de regras de decisão;
5. Aplicar o conhecimento formalizado para identificar as condições geométricas.

1.2. JUSTIFICATIVA

As cartas topográficas de regiões urbanas do Estado do Paraná são produzidas em uma escala base 1:2.000. Devido aos requisitos dos profissionais que utilizam tais cartas, sabe-se que produtos impressos na escala 1:5.000 são necessários para dar suporte ao planejamento urbano. Cartas nesta escala são geradas a partir da redução da escala base. Este procedimento resulta em uma carta com alto grau de complexidade, pois há muita informação para pouco espaço físico de representação. Esta situação compromete a eficiência da comunicação cartográfica, pois a carta derivada pode apresentar problemas de visibilidade e legibilidade.

Diante deste cenário a generalização cartográfica se faz necessária. McMaster & Shea (1992) especificam quais aspectos visuais (condições geométricas) e geométricos (medidas espaciais e holísticas) devem ser observados em uma carta derivada para a realização deste processo cartográfico. É possível afirmar que os fatores que exigem generalização são dependentes dos problemas de visibilidade, legibilidade e interpretação. Logo, há uma relação entre estes problemas e os aspectos visuais descritos por McMaster & Shea.

A detecção tanto dos problemas de representação quanto das condições geométricas é algo subjetivo, assim como todo o processo de generalização. A representação destes problemas, em função dos parâmetros gráficos associados

àquelas condições, através da modelagem computacional pode tornar a generalização isenta das tendências individuais provenientes da interpretação humana e, assim, mais eficiente.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. MAPEAMENTO BÁSICO PARA GRANDES ESCALAS

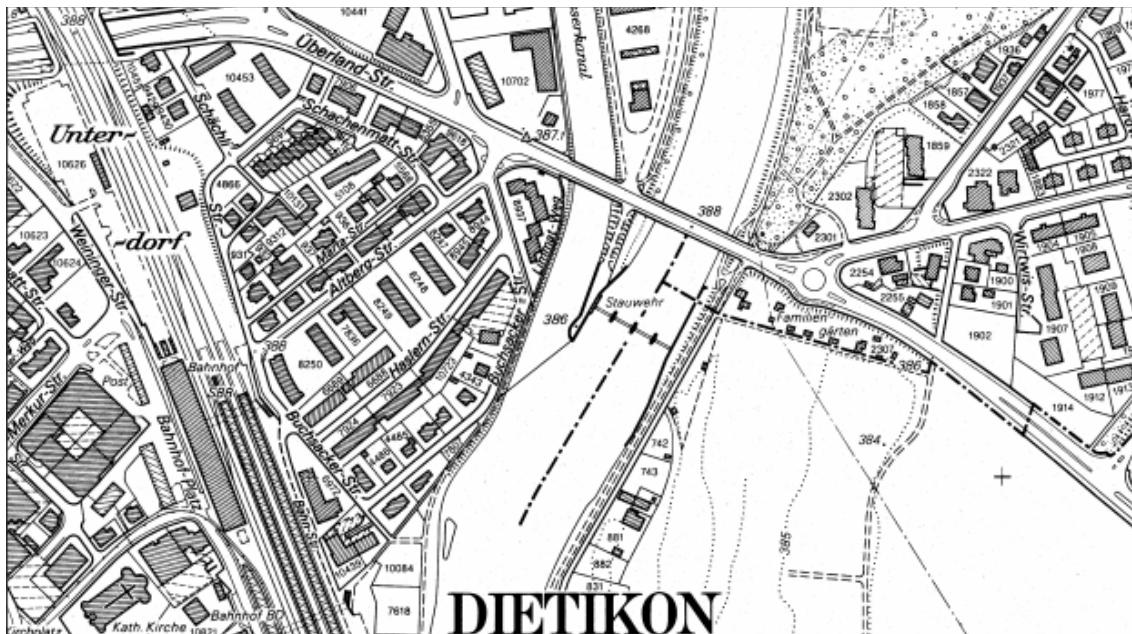
O mapeamento básico origina documentos essenciais para ações governamentais de planejamento e gestão de um território, nas mais diversas atividades realizadas na sociedade. O principal documento deste mapeamento são as cartas topográficas.

Segundo Keates (1973) *topografia* corresponde a “todas as feições identificáveis na superfície da Terra, tanto naturais como artificiais, para as quais é possível estabelecer uma posição específica, expressa em relação à superfície topográfica”. Portanto, pode-se afirmar que o objetivo do mapeamento topográfico é prover referência espacial às feições da superfície terrestre de modo acurado e preciso, dentro do limite permitido pela escala. Devido a esta característica sua utilização é variada. Pode ser usada como base para qualquer projeto ambiental, de engenharia, defesa do território, por profissionais treinados ou por qualquer cidadão que, simplesmente, precise saber sua localização (IBGE, 2013).

As informações que serão representadas na carta e a quantidade de feições assim como sua simbolização depende da escala. Quanto menor a escala, maior será a área da superfície representada e mais informações estarão presentes, porém com menos detalhes, o que pode implicar mudança de simbologia em relação às escalas maiores.

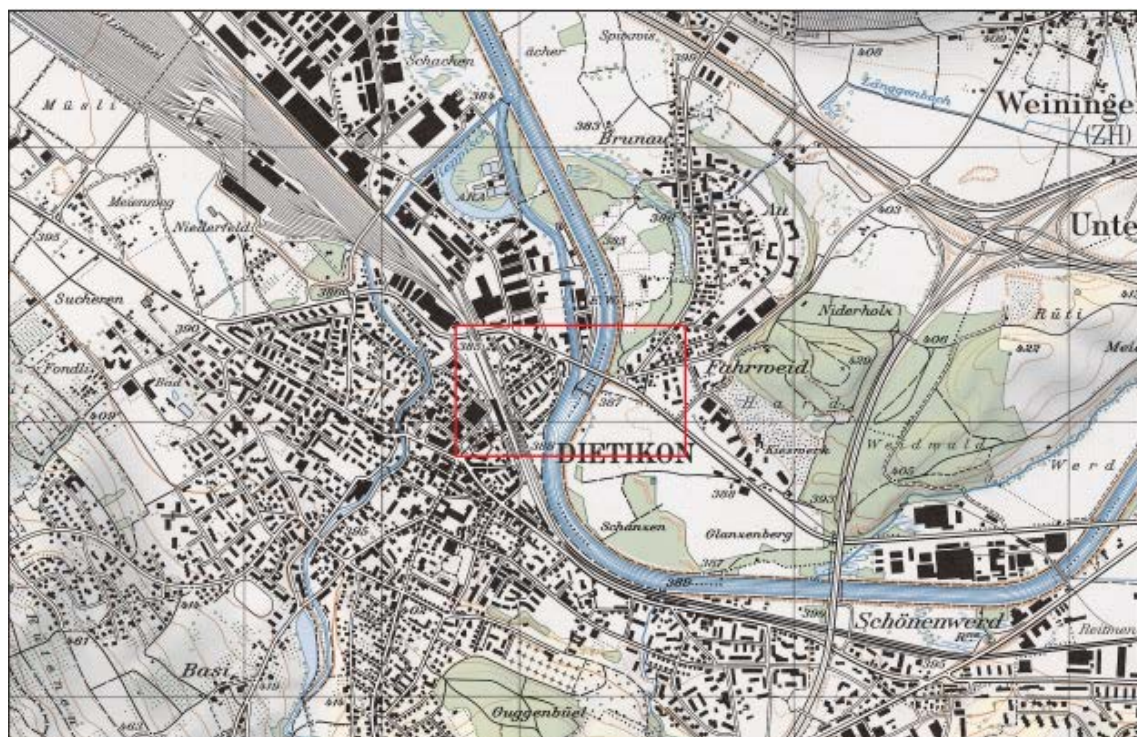
As figuras abaixo mostram um recorte da carta topográfica de *Dietikon*, uma cidade da região metropolitana de Zurique, na escala 1:5.000 (FIGURA 1) e na escala 1:25.000 (FIGURA 2). Percebe-se como a quantidade de feições e sua simbologia são diferentes. Na carta de maior escala, pode-se identificar facilmente edificações, vias, limites de propriedade, números para indicar cada lote, as linhas férreas, uma grande quantidade de classes e detalhes na representação. O mesmo não ocorre na carta de escala menor. Algumas classes não estão representadas, como a classe de limites de propriedade.

FIGURA 1 – RECORTE DE UMA CARTA TOPOGRÁFICA DE DIETIKON NA ESCALA 1:5.000



FONTE: SSC (2002).

FIGURA 2 – RECORTE DE UMA CARTA TOPOGRÁFICA DE DIETIKON NA ESCALA 1:25.000



FONTE: SSC (2002).

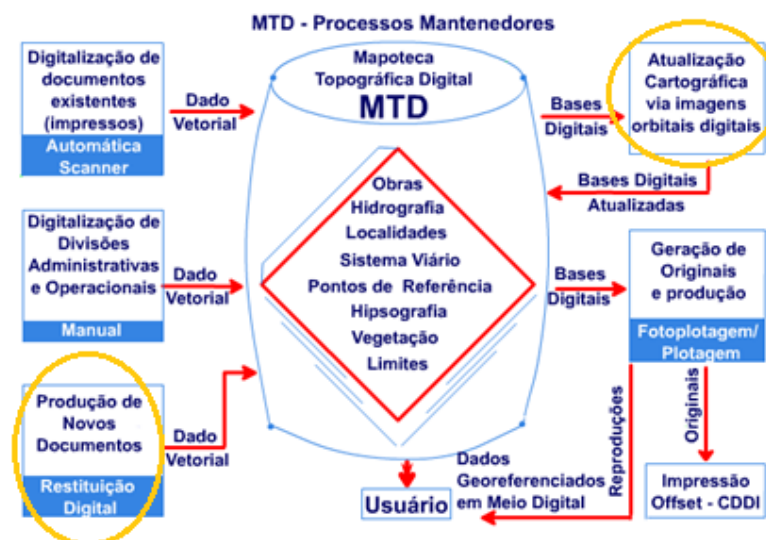
Em países em que a produção de cartas topográficas é tradicional e o mapeamento é frequentemente atualizado, esse é primeiramente realizado em uma

escala base, a partir de levantamentos diretos, e a geração de cartas topográficas em escalas menores se dá pela realização de sucessivas operações de generalização cartográfica. Por exemplo, o Instituto Geográfico Nacional (*Institut Géographique National* - IGN) da França, produz cartas topográficas do território francês nas escalas base 1:1.000, 1:5.000 e 1:25.000 e cartas nas outras escalas, 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000, são produzidas através da generalização cartográfica digital (LECORDIX, 2011). Este processo pode ser aplicado na própria carta topográfica digital ou no banco de dados correspondente à escala final da carta.

A SSC (*Swiss Society of Cartography*) produz cartas topográficas nas escalas 1:5.000 e 1:10.000, chamadas de cartas bases (SCC, 2002). A partir destas cartas topográficas desde a escala 1:25.000 até 1:1.000.000, são geradas a partir da generalização das escalas maiores. Este processo é realizado desde a década de 1970 e atualmente, também é empregado na atualização das cartas.

O mapeamento básico no Brasil é feito por levantamentos diretos, ou seja, para cada escala é realizado um levantamento, o que resulta em um processo demorado e oneroso, visto que da data da tomada da aerofotografia (ou da obtenção da imagem de satélite) até o produto final pode se passar meses, pois os procedimentos para a produção de uma carta topográfica demandam tempo, e pode resultar em um produto final já desatualizado. Isto prejudica a relação custo/benefício da produção de cartas topográficas. A Figura 3 ilustra quais são os processos mantenedores da Mapoteca Topográfica Digital (MDT) do IBGE. Percebe-se que a produção de novos documentos é feita somente por restituição digital e a atualização cartográfica é feita a partir de dados de imagens orbitais digitais. O processo de generalização não é realizado na atualização da MTD.

FIGURA 3 – PROCESSOS MANTENEDORES DA MAPOTECA TOPOGRÁFICA DIGITAL



FONTE: adaptado de IBGE (2013).

O mapeamento básico brasileiro em grandes escalas é responsabilidade do estado e dos municípios. É responsabilidade da DSG e do IBGE a produção de cartas topográficas a partir da escala 1:25.000. Segundo o Decreto Lei 243/67 (BRASIL, 1967), é atribuição do IBGE estabelecer de normas técnicas para cartografia brasileira para cartas em escalas menores que 1:250.000. O mesmo decreto afirma que a DSG é responsável pelas normas técnicas das cartas nas escalas 1:250.000 e maiores.

No estado do Paraná, desde 1996, as convenções cartográficas para o mapeamento topográfico em grande escala seguem um padrão determinado pela Câmara Técnica de Cartografia e Geoprocessamento – CTCG. Esta padronização foi definida para cartas na escala 1:2.000. Os 399 municípios paranaenses apresentam bases cartográficas urbanas no mesmo padrão: sistema geodésica de referência, cobertura aerofotogramétrica na escala 1:8.000, restituição numérica na escala 1:2.000 e biblioteca de símbolos. Este fato permite um intercâmbio de informações entre instituições que fazem uso das cartas topográficas estaduais e reflete em redução dos custos para obtenção dos dados (CTCG, 2009).

A padronização das convenções cartográficas encontra-se em atualização, tendo em vista que a resolução que tratou disto pela primeira vez data de 1996 (Resolução Técnica CTCG-002/96). Desde então houve mudanças em relação às necessidades dos usuários e um avanço no modo de visualizar as cartas topográficas. Há estudos para verificar se as convenções utilizadas na escala 1:2.000 podem ser usadas nas escalas menores ou se devem ser adaptadas. A simbologia proposta para

cartas topográficas na escala 1:2.000 para as classes de feições edificações e limites de propriedade são apresentadas nos Anexos 01 e 02, respectivamente.

Entre as instituições que fazem uso destas cartas topográficas está o PARANACIDADE, órgão ligado à Secretaria do Desenvolvimento Urbano do Estado do Paraná. Esta instituição tem como missão incentivar e executar atividades e serviços relacionados ao desenvolvimento regional, urbano e institucional dos municípios. Isto é feito por meio de projetos institucionais voltados à viabilização de assistência técnica e treinamento em administração e gestão urbana, e aperfeiçoamento da implantação e manutenção de projetos de investimento em infraestrutura urbana (PARANACIDADE, 2013).

As cartas topográficas existentes no PARANACIDADE datam de 1997. Tais cartas são chamadas de bases cartográficas digitais urbanas e são usadas como referência no desenvolvimento de trabalhos e projetos voltados ao desenvolvimento regional, urbano e institucional dos municípios paranaenses. Os planos diretores municipais estão sendo revistos e reformulados. Para isto está sendo desenvolvida, pelo PARANACIDADE, uma metodologia para que a elaboração dos Planos Diretores Municipais (PDM) siga um padrão para todo o estado. Nesta metodologia, a escala da base cartográfica utilizada será 1:5.000 (SLUTER *et al*, 2013).

Segundo NALINI (2005) as cartas topográficas, cuja fiscalização da produção é responsabilidade do PARANACIDADE, são feitas a partir de dados de levantamentos topográficos ou técnicas fotogramétricas, na sua maioria na escala 1:2.000. As cartas derivadas desta escala base passam pela etapa de seleção das classes de feições que serão representadas e este processo é feito com base no conhecimento e experiência dos técnicos que especificam e utilizam estes produtos. Pelo fato de não sofrer tratamento de generalização cartográfica, tais cartas não atendem as necessidades destes profissionais devido à presença de problemas de representação (NALINI, 2005; SLUTER *et al*, 2013).

2.2.COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA

Mapas são utilizados para transmitir informações geográficas, portanto são meios de comunicação. Para que esta comunicação seja eficiente o usuário precisa compreender o que está sendo mostrado, ou seja, entender o que a simbologia

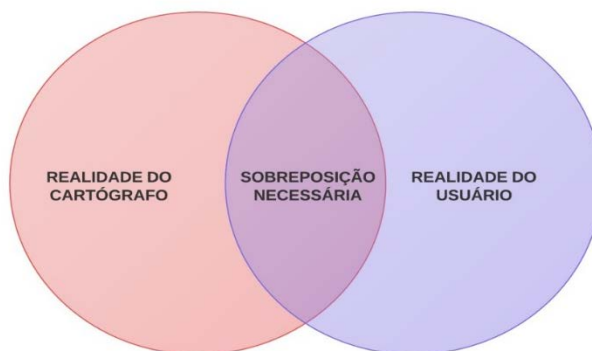
empregada na construção do mapa representa.

Robinson *et al* (1995) afirmam que os símbolos devem ser cuidadosamente escolhidos e projetados em conjunto para que formam uma representação integrada. Ainda segundo Robinson (1995), uma carta topográfica tem como finalidade apresentar uma variedade de informações geográficas. Por isso durante o processo de produção da carta, cada feição deve ser simbolizada de uma maneira única, para que seu significado não seja confundido com alguma outra feição.

A simbologia utilizada em uma carta deve ser elaborada de modo que o usuário compreenda o que está representado. Ou seja, a aplicação das convenções cartográficas deve proporcionar a leitura e o entendimento dos produtos cartográficos. Portanto, é dever do cartógrafo compreender corretamente a realidade e representá-la de modo adequado às necessidades do usuário (TAURA, 2007).

A busca pelo aprimoramento na produção de mapas, para que estes sejam ferramentas eficazes de comunicação, levou alguns cartógrafos a elaborar modelos de comunicação cartográfica. Kolacny (1977) propôs um modelo de comunicação em que se considera que o cartógrafo deve conhecer a realidade do usuário para projetar uma carta compreensível. Este modelo une a produção de uma carta com a sua utilização. A comunicação cartográfica ocorre quando o usuário interpreta corretamente as informações representadas na carta pelo cartógrafo. De acordo com este modelo há duas realidades: a do cartógrafo e a do usuário. Para que a comunicação cartográfica seja eficiente deve haver uma sobreposição entre estas realidades, conforme a figura abaixo ilustra.

FIGURA 4 – MODELO DE COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA



FONTE: Adaptado de Kolacny (1977).

Uma carta produzida apenas por redução geométrica de escala, problemas surgem, como a sobreposição de feições. Isto influencia diretamente a comunicação cartográfica, e pode conduzir o usuário a interpretar de modo equivocado o que visualiza na carta, o que pode levar à necessidade de generalização cartográfica (NALINI, 2005; TAURA 2007), pois através da aplicação de operadores, este processo reestabelece as condições ideais para que o usuário entenda o que está representado no mapa (KEATES, 1989).

Os limites da percepção visual, referente à habilidade de reconhecer um objeto e compreender seu significado influenciam na leitura de uma carta (BOS, 1984). Segundo SSC (2002) no caso em que a carta apresenta um bom contraste entre seus símbolos e o fundo da representação, o olho humano pode reconhecer uma linha preta de 0,04 mm de espessura a uma distância de 30 cm, um ponto isolado de aproximadamente 0,01 mm de diâmetro, e uma distância entre objetos (pontuais, lineares ou de área) de, aproximadamente, 0,15 mm.

Tais valores são referentes a cartas impressas. Para cartas apresentadas em monitores de computador as restrições visuais são outras. Como a resolução destes aparelhos difere da resolução de uma carta impressa, os valores mínimos para um objeto ser visível são diferentes. As cartas topográficas em meio digital podem ser visualizadas como imagens (por exemplo .jpeg, .tiff) ou como arquivos vetoriais. Os valores mínimos são referentes ao tamanho do pixel na tela e sua quantidade utilizada na representação. Por exemplo, para símbolos pontuais a SSC recomenda tamanho mínimo de cinco pixels, para distância entre feições de dois a três pixels, considerando o tamanho de cada pixel como de 0,3 mm, quando impresso (SSC, 2002).

A redução de escala pode tornar várias feições imperceptíveis aos olhos humanos devido à diminuição do tamanho dos símbolos. A visibilidade consiste na habilidade em detectar pequenas feições ou detalhes espaciais, e diferenciá-los de seus vizinhos e está relacionada à acuidade visual (PUGLIESI, 2002). Este aspecto é dado em função do tamanho mínimo de um objeto que pode ser observado a certa distância de leitura e o ângulo de visualização (BOS, 1984).

Robinson *et al* (1995) afirmam que as “formas dos símbolos pontuais não devem estar desorganizadas, as linhas devem ser claramente diferenciáveis em forma e espessura, cores e texturas usadas em diferentes símbolos devem ser visualmente distintas”. Ainda segundo estes autores, um símbolo pode ser visível, mas não identificado. Portanto, a legibilidade envolve visualizar um símbolo e também entender seu significado em conjunto com a representação do que está ao seu redor. A simbologia de uma carta topográfica deve ser visível e legível para que esta possa ser lida e entendida corretamente.

Regnauld (2001) caracterizou os problemas de representação, especificamente para a classe de edificações, em função de quatro fatores: restrições de legibilidade, identidade visual, organização espacial e homogeneidade (QUADRO 1). Estes não são classificados em condições geométricas ou medidas espaciais e holísticas, como McMaster & Shea tratam a avaliação cartométrica.

As restrições de legibilidade são dadas em função da percepção visual, separação entre símbolos e densidade máxima. A *percepção* é descrita pelo autor em termos de restrições, as quais especificam o tamanho mínimo dos objetos ou seus detalhes. O autor recomenda, ainda, valores mínimos para o lado dos polígonos e para o comprimento mínimo dos detalhes dos polígonos. Tais parâmetros diferem do padrão proposto pela SSC (2002), conforme visto no QUADRO 2. A *separação* consiste na distância mínima entre duas feições. A *densidade máxima* se refere ao número de objetos por unidade de área e é o indicativo de que a carta é ilegível, considerando a região analisada.




Ainda a respeito das condições que caracterizam os problemas de representação segundo Regnauld (2001), a identidade visual é composta por fatores que preservam as características visuais da carta que contribuem na identificação de cada feição: *forma, tamanho e cor*. Tais peculiaridades dos objetos devem ser mantidas ou recuperadas para reestabelecer a legibilidade.

QUADRO 1 – FATORES QUE CARACTERIZAM OS PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO

CONDIÇÕES	CARACTERÍSTICAS
Restrições de legibilidade	Percepção Separação Densidade máxima
Identidade visual	Forma Tamanho Cor
Organização espacial	Proximidade Similaridade Continuidade
Homogeneidade	-

FONTE: Adaptado de Regnauld (2001).

QUADRO 2 – PARÂMETROS GRÁFICOS RECOMENDADOS POR REGNAULD (2001) E PELA SSC (2002)

	REGNAULD (2001)	SSC (2002)	EXEMPLO
Tamanho mínimo	0,5 mm	0,35 mm	
Detalhe do polígono	0,3 mm	0,25 mm	
Espaçamento mínimo entre polígonos	0,15 mm	0,20 mm	

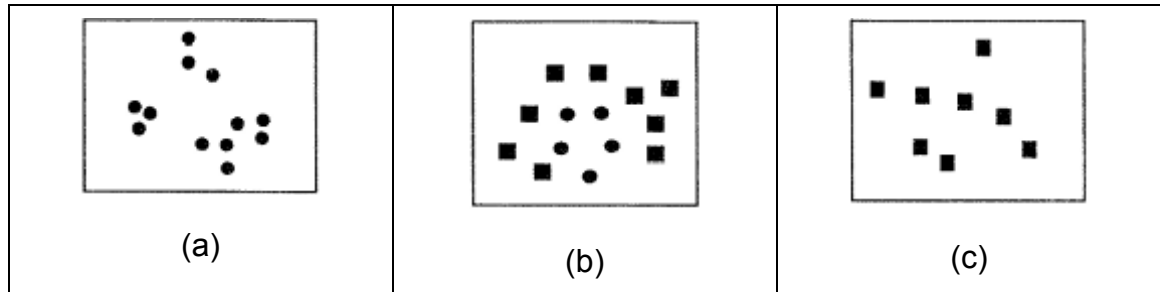
FONTE: Adaptado de Regnauld (2001) e SSC (2002).

Ainda a respeito das condições que caracterizam os problemas de representação segundo Regnauld (2001), a identidade visual é composta por fatores que preservam as características visuais da carta que contribuem na identificação de cada feição: *forma*, *tamanho* e *cor*. Tais peculiaridades dos objetos devem ser mantidas ou recuperadas para reestabelecer a legibilidade.

Regnauld (2001) descreve organização espacial em função de elementos da Gestalt: *proximidade*, *similaridade* e *continuidade*. Estes fatores auxiliam na detecção

de grupos de edificações similares, áreas residenciais e conflitos devido à excessiva proximidade. A Figura 5 ilustra estas condições.

FIGURA 5 – ELEMENTOS DE ORGANIZAÇÃO ESPACIAL.



FONTE: Regnauld (2001).

LEGENDA: a) Elemento de Proximidade
b) Elemento de Similaridade
c) Elemento de Continuidade

Ao considerar os aspectos citados por Regnauld (2001) a carta reduzida deve passar por modificações para se adequar à nova escala e assim, reestabelecer a visibilidade e legibilidade, para manter a comunicação cartográfica eficiente. Devem ser realizadas transformações, de modo *homogêneo*, para preservar o equilíbrio geral da carta (REGNAULD, 2001).

2.3. GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA

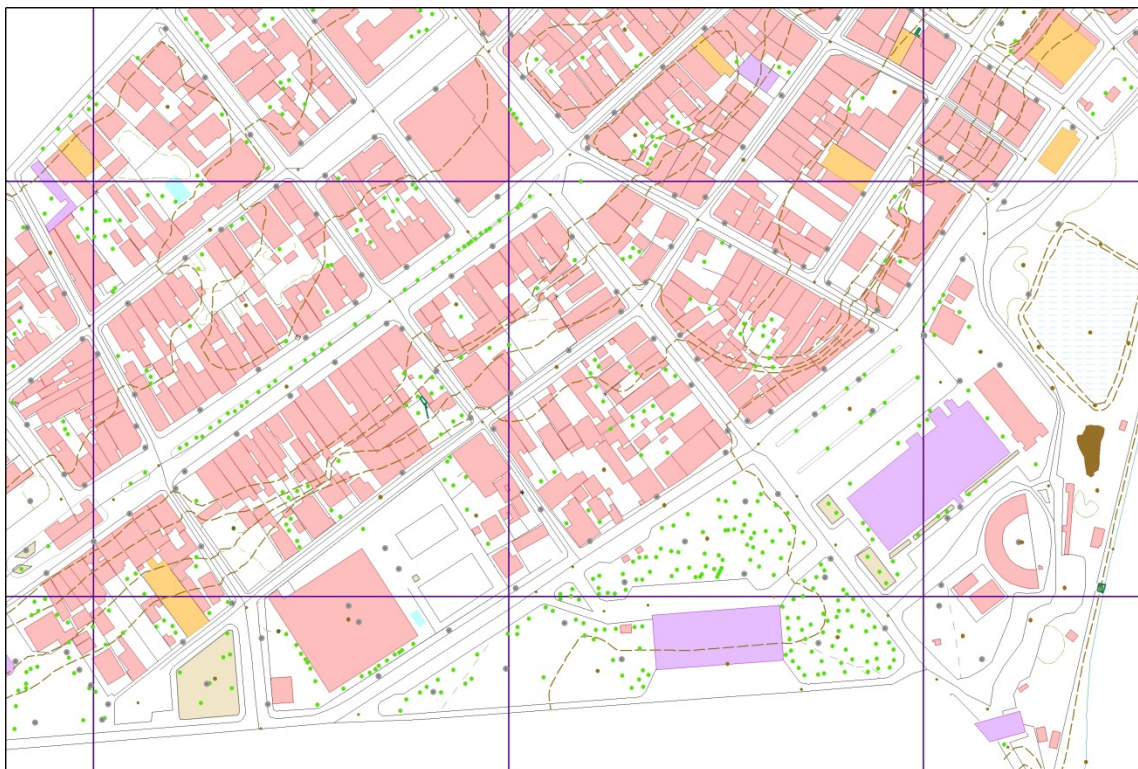
2.3.1. Histórico e Definições

Segundo a *International Cartographic Association* (1973), generalização cartográfica é “a seleção e representação simplificada de detalhes em função da escala e da finalidade do mapa”. Portanto, para cada mapa, há uma generalização diferente. O *French Committee of Cartography* (1990) afirma que generalização é a “adaptação quantitativa e qualitativa dos dados feita através da redução do número de detalhes e pela simplificação de formas e simbologia”. As Figuras 6 e 7 ilustram esta situação. A carta topográfica referente ao bairro Centro Histórico de Paranaguá, município no litoral paranaense, foi reduzida da escala 1:2.000 para 1:5.000, sem sofrer nenhuma alteração na simbologia e na quantidade de feições. Percebe-se a

sobreposição de símbolos pontuais, lineares e de área, e que alguns detalhes nas representações das edificações não estão mais visíveis, o que dificulta a leitura da carta.

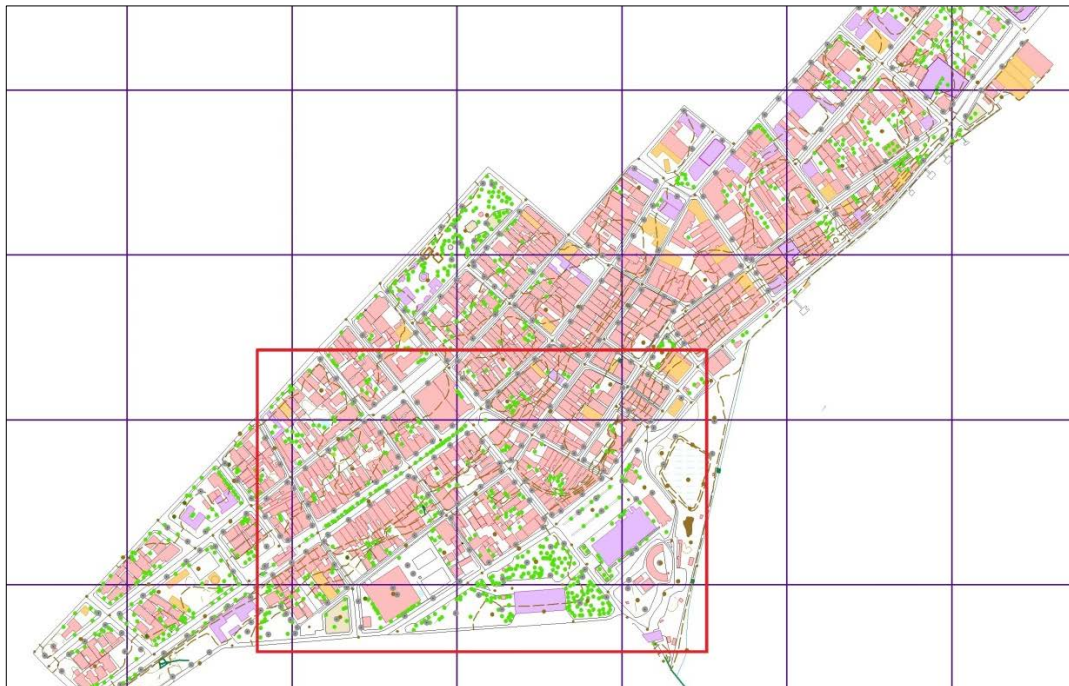
De acordo com Robinson *et al* (1995), generalização cartográfica é o processo necessário para adequar as informações que serão representadas para a escala menor e para os princípios da comunicação cartográfica. Para Slocum *et al* (2009) generalização é o processo de reduzir a informação da carta devido à mudança de escala, objetivo, usuário e/ou restrições técnicas. A SSC (2002) afirma que a generalização consiste na seleção e combinação de objetos importantes para a compreensão da carta, na manutenção da precisão posicional, na preservação das características das feições e na representação destas de modo claro.

FIGURA 6 – RECORTE DA CARTA TOPOGRÁFICA DO BAIRRO CENTRO HISTÓRICO DE PARANAGUÁ NA ESCALA 1:2.000



FONTE: PARANACIDADE (2010).

FIGURA 7 – RECORTE DA CARTA TOPOGRÁFICA DO BAIRRO CENTRO HISTÓRICO DE PARANAGUÁ NA ESCALA 1:5.000

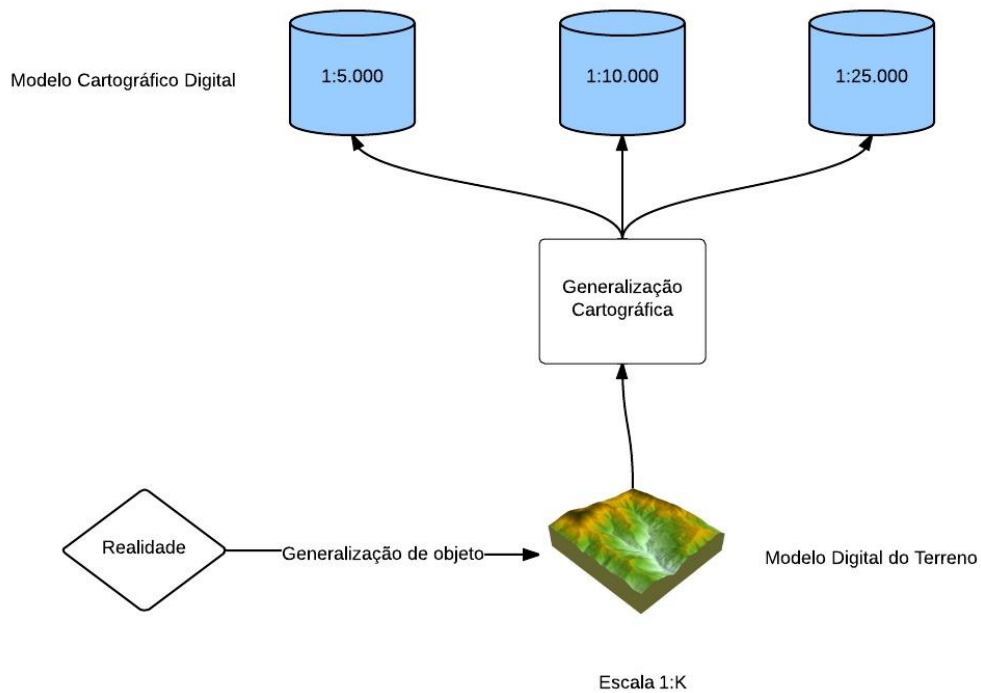


FONTE: Adaptado de PARANACIDADE (2010).

Para Kraak & Ormeling (2010), generalização consiste no processo de redução da quantidade de detalhes representados em uma carta. Normalmente, tal processo é realizado quando a carta tem sua escala reduzida. Para os autores, a generalização também é necessária para o caso de dados provenientes de diferentes fontes. Um caso de generalização ocorre quando é feita a seleção de feições para integrar um modelo digital do terreno (MDT), que pode ter sua escala reduzida, através da generalização de modelo. A generalização cartográfica é aplicada na criação de um modelo cartográfico digital nas escalas desejadas, para servir de base para a produção de mapas legíveis (FIGURA 8).

A generalização cartográfica é considerada um processo artístico (ECKERT, 1908 citado por JOÃO, 1998). Com o surgimento da cartografia digital e com a evolução constante dos sistemas de informação geográfica, a generalização passou a ser realizada em meio digital, o que trouxe novos problemas e conceitos à definição deste processo cartográfico (McMASTER & SHEA, 1992). Com isso, pode-se classificar os diferentes processos de generalização conforme apresentados no QUADRO 3.

Figura 8 – GENERALIZAÇÃO DE MODELO E CARTOGRÁFICA



FONTE: Adaptado de Kraak & Ormeling (2010)

A generalização manual, tanto em ambiente analógico quanto digital, requer um esforço físico e mental intenso do cartógrafo. Este define quais feições generalizar, quando e como fazer isto. A vantagem do processo manual é sua característica holística, ou seja, os problemas associados à generalização e à aplicação das transformações necessárias são vistos de modo integrado, enquanto que a generalização digital opera como um código de computador. As transformações são tratadas de modo independente e aplicadas em uma sequência pré-determinada (McMASTER & SHEA, 1992).

QUADRO 3 – TIPOS DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA

PROCESSO	CARACTERÍSTICAS		PROCEDIMENTOS
Manual	Ambiente analógico	Realizada em cartas impressas em papel	Totalmente manual
	Ambiente digital	Realizada em cartas vetorizadas	Manual
Digital	Semi- automática	Requer a intervenção do cartógrafo	Implementados em códigos
	Automática	Sem intervenção do operador	Implementados em códigos

FONTE: Adaptado de ISSMAEL (2003).

McMaster & Shea (1992) definem generalização digital como um processo de

derivação de dados cartográficos, a partir de um banco de dados geográficos, por meio de transformações espaciais e de atributos. Isto é feito para manter a clareza da representação em uma escala menor, sendo este talvez, segundo os autores, o principal objetivo da generalização.

Com relação à generalização automática há autores que afirmam que este processo, totalmente automatizado, não é possível, pois não há como generalizar uma carta sem a intervenção de um profissional. Isto ocorre porque não há consenso de como a generalização deve ser realizada, logo, não há como automatizar todas as suas etapas (STOTER, 2005). Conforme João (1998) “sistemas computacionais têm potencial para oferecer bons resultados para generalização. Um benefício de um sistema computacional seria a capacidade iterativa – a habilidade de refazer o processo até alcançar um resultado aceitável. Embora exista potencial para um SIG aprimorar algumas etapas da generalização, o problema é muito complexo para o desenvolvimento de um sistema no qual o processo de generalização seja aplicado por completo”.

A automatização da generalização cartográfica tem sido o foco das pesquisas nessa área nas últimas décadas. De acordo com João (1998), para tornar o processo digital é necessário dividi-lo em etapas menores e conhecidas. Cada etapa é chamada de operador de generalização, cuja finalidade é realizar uma transformação. Ao serem trabalhados em ambiente digital, estes operadores são tratados como algoritmos computacionais compostos por uma sequência de regras e ações que devem resolver os problemas de representação. A identificação de tais regras e ações e a sua implementação no sistema computacional foi um dos desafios mais difíceis dentro da área de SIG durante os anos 1990. (MÜLLER, 1991 citado por JOÃO, 1998).

Regnauld (2001) afirma que as primeiras pesquisas sobre generalização digital tratavam do desenvolvimento dos algoritmos para cada operador individual, principalmente para a simplificação. Estudos como Lichtner (1979) e Muller & Zeshen (1992) abordam o aprimoramento de ferramentas para a generalização de áreas urbanas representadas em grandes escalas e da generalização da hidrografia, além da generalização contextual, com a finalidade de controlar a ação dos algoritmos de acordo com o contexto espacial no qual é aplicado.

Se digital ou analógica, a generalização é, e sempre será um processo subjetivo, dependente do profissional que a realiza (KRAAK & ORMELING, 2010). João (1998) declara que o cartógrafo faz uso da sua experiência, intuição,

conhecimento da área representada e do seu próprio julgamento para generalizar. Portanto, o resultado da aplicação do processo de generalização diverge de um cartógrafo para outro, mesmo quando aplicado em uma mesma feição.

Além da generalização poder ser definida com base no modo de realização, manual ou digital, também pode ser classificada em função dos tipos de transformações que são necessárias aplicar para manter a legibilidade da carta derivada. Segundo Kraak & Ormeling (2010), a generalização gráfica é caracterizada pelas operações que não alteram a simbologia das feições, e afetam somente a representação geográfica ou topológica dos dados. Feições pontuais continuam sendo representadas como pontos, feições lineares como linhas e feições de áreas como polígonos. A generalização conceitual lida com os atributos dos dados, gerando mudanças na simbologia e, por consequência, na legenda da carta.

Os operadores de generalização são responsáveis pelas transformações das características espaciais e de atributos das feições. Com relação às transformações espaciais os operadores são: simplificação, suavização, agregação, amalgamação, fusão, colapso, refinamento, exagero, realce e deslocamento. Os operadores referentes às transformações de atributos são classificação e simbolização (MCMASTER & SHEA, 1992). Kraak & Ormeling (2010) incluem os operadores de fusão e seleção nestas transformações e afirmam que estas podem alterar a legenda, ou seja, a simbologia. Transformações espaciais e de atributos são definidas no modelo de generalização proposto por McMaster & Shea (1992), o qual será tratado no item 2.3.3.

ISSMAEL (2003) classificou os operadores existentes na literatura de acordo com as suas finalidades. Isto pode ser visualizado no QUADRO 4, juntamente com o tipo de transformação referente a cada operador.

A seleção é considerada uma etapa da pré-generalização por muitos autores. Para Robinson *et al* (1995) para atender a finalidade do mapa é necessário limitar a representação a determinadas classes de informações, por meio da seleção dos dados importantes para a carta, ação que ocorre antes da produção da carta.

QUADRO 4 – OPERADORES POR TIPO DE TRANSFORMAÇÃO E FINALIDADE SEMELHANTE

TRANSFORMAÇÃO	OPERADORES	FINALIDADE SEMELHANTE
Espacial	Exagero	Ampliação de feições
	Simplificação e Suavização	Criação, eliminação ou alteração de pontos em linhas
	Refinamento e Tipificação	Manutenção do aspecto geral das feições
	Agregação, Amalgamação, Colapso, Combinação, Fusão e Segmentação	Mudanças dimensionais ou substituição pelo mesmo tipo de dado
	Deslocamento	Mudança de posição
De atributos	Simbolização	Atribuição de nova simbologia
	Classificação	Agrupamento de feições em classes
	Abreviatura e Associação Gráfica	Tratamento de toponímia

FONTE: Adaptado de ISSMAEL (2003).

Com relação aos operadores de generalização, há diversos algoritmos para realizar as transformações em ambiente digital. Algoritmos para todos os tipos de feições (pontuais, lineares e de áreas, de volume), de objetos, operações, escalas, necessidades e usuários (REGNAULD, 2001). De acordo com João (1998), pode-se dizer que os diferentes operadores surgiram da tentativa de tornar o processo de generalização manual menos subjetivo. Com a automatização desta parte do processo de generalização, os resultados seriam isentos da influência pessoal de cada cartógrafo.

Para generalizar uma carta topográfica os aspectos a seguir devem ser considerados (IGN, 2010):

- Grau de simplificação, determinado pela escala final da carta a ser generalizada e a simbolização;
- Informações relevantes, determinadas pela escala da carta original e pelas necessidades do usuário;
- Manutenção das características, considerando o contexto geográfico e

a região representada,

- Ferramentas disponíveis.

Além destes aspectos, Kraak & Ormeling (2010) citam a manutenção da acurácia geométrica e de atributo, a qualidade estética da carta, a hierarquia visual, os fatores técnicos como o tamanho e a resolução do monitor, e a diversidade de algoritmos existente. Com base nisso e no formato em que a carta será visualizada (em papel ou em monitores) e no tipo de processo (manual ou digital) pode-se determinar o que deve ser generalizado e como se dará a representação na nova escala.

Pode-se afirmar que a generalização cartográfica tem como finalidade manter a visibilidade e a legibilidade de uma carta derivada de uma escala maior através da redução da complexidade por meio de transformações na representação.

2.3.2. Generalização Automática Digital

João (1998) e McMaster & Shea (1992) afirmam que automatizar este processo é ainda um dos desafios da cartografia digital. Muitos pesquisadores nesta área dizem que generalização automática não é possível, devido à natureza subjetiva da generalização, o qual dificulta a transição do trabalho manual para o automático (STOTER, 2005).

Basaraner & Selcuk (2004) afirmam que ainda não há uma solução satisfatória para a generalização cartográfica, apesar de mais de 30 anos de exploração desta área. Kazemi & Lim (2004) alegam que os estudos e o desenvolvimento da cartografia digital nas últimas três décadas não foram suficientes para prover ferramentas computacionais de generalização que possam competir com o trabalho do cartógrafo. Segundo Foerster *et al* (2010), as pesquisas em generalização cartográfica resultaram em solução para problemas de representação e feições específicos. Apesar destas pesquisas, há dificuldade em colocar os resultados em prática. Isto se dá, segundo Stoter (2005), devido à robustez que o processo requer do sistema computacional.

Pesquisas em generalização automática iniciaram com foco na generalização de feições lineares (MCMASTER & SHEA, 1992, REGNAULD, 2001), devido ao fato de tais dados apresentam menor complexidade quando comparado a feições de área

(JOÃO, 1998). Segundo Ware & Jones (1998), a maioria dos trabalhos recentes em generalização automática é direcionada a problemas isolados originados pela redução de escala e que são solucionados pelos operadores de generalização.

O aumento da capacidade de processamento dos sistemas computacionais utilizados na cartografia digital, necessário para a generalização, tornou-se disponível a partir do final do século XX, sendo assim compatível com o nível de entendimento que este processo cartográfico requer (McMASTER & SHEA, 1992). Muitas etapas da generalização ainda não estão implementadas devido à robustez dos computadores não ser suficiente para executá-las, sendo que nos *softwares* atuais de SIG encontram-se somente os algoritmos de alguns operadores de generalização, catalogados como ferramentas de análise espacial. Entre tais encontram-se: agregação (polígonos e pontos), delineamento de áreas edificadas, estreitamento de rede de estrada, união de estradas divididas, redução de detalhe da estrada, simplificação (linhas e polígonos), suavização (linhas e polígonos) e transformação de linhas duplas em linhas centrais. Porém, o uso destes operadores ainda requer a interação com o usuário que decide quais utilizar, em que ordem e como aplicá-los em relação aos parâmetros gráficos (WARE & JONES, 1998).

Estudos recentes em generalização focalizam em: gerenciar as ferramentas disponíveis para generalizar cartas urbanas em grande escala (REGNAULD, 2001), comparar os resultados de feições lineares generalizadas com diferentes algoritmos (D'ALGE, 2007), identificar os diferentes operadores de generalização existentes na literatura especializada (ISSMAEL, 2003), classificar os algoritmos de acordo com o tipo de problema de visualização (McMASTER & SHEA, 1989, BEARD & MACKANESS, 1991), determinar os parâmetros gráficos para generalização de feições específicas como edificações, limites de propriedade, vias e toponímia (TAURA, 2007).

Beard & Mackaness (1991) propõem um sistema de projeto cartográfico que inclui a generalização no que diz respeito a quando realizá-la e com quais operadores. A seleção e a sequência destes operadores são automatizadas, no entanto há possibilidade de interação com o usuário. O sistema proposto pelos autores identifica conflitos gráficos causados pelas escolhas do usuário no que se referem à seleção da área geográfica, dados, escala e símbolos. Tais conflitos estão relacionados aos requisitos mínimos para que a clareza gráfica e a legibilidade sejam mantidas, e são resultados de áreas menores e segmentos de linhas abaixo do mínimo visível ao olho

humano, e proximidade excessiva entre feições. Determinados a escala, o formato e a simbologia, os dados são representados e analisados segundo os parâmetros apresentados no QUADRO 5. Após a identificação de áreas e feições que apresentam problemas de legibilidade, os operadores têm como função resolvê-los. Destaca-se neste sistema a apresentação dos conflitos gráficos e a indicação de que estes foram solucionados.

QUADRO 5 – PARÂMETROS DE LEGIBILIDADE DO SISTEMA DE BEARD E MACKANESS

CONFLITO GRÁFICO	PARÂMETROS
Muito pequeno	6,45 mm ²
Muito curto	2 mm
Muito estreito	4 mm
Muito perto	5 mm

FONTE: Adaptado de BEARD & MACKANESS (1991).

Regnauld (2001) apresenta um método para resolução de conflitos como sobreposição e congestionamento de feições, especificamente para as feições de edificações. Para a detecção destes, cinco condições gráficas foram utilizadas (QUADRO 1, página 27). De modo automático, é feita uma análise de cada grupo de edificações com respeito ao tamanho médio, a forma e a densidade, e esta informação é empregada para definir como tais dados serão representados na escala reduzida. A finalidade, neste método, é preservar o padrão, similaridades e diferenças entre conjuntos de edificações com relação à densidade, tamanho e orientação das feições. O autor ainda afirma que quando a generalização é aplicada com base nestes fatores, a carta reduzida é de boa qualidade.

O procedimento automático de Regnauld (2001) consiste em uma análise das edificações para a posterior divisão destas em grupos. Isto é feito com base no padrão das feições e suas características visíveis, principalmente a proximidade. Um gráfico de proximidade é criado através de um algoritmo adaptado (MST - *Minimum Spanning Tree* ou Árvore Geradora Mínima) que ‘liga’ cada feição a sua vizinha mais próxima e então, cada grupo é conectado ao seu grupo mais próximo. Cada grupo de edificações é processado individualmente com o operador de tipificação. O algoritmo empregado considera as relações entre os grupos de dados. Segundo o autor, o princípio geral da tipificação envolve ampliar ou eliminar edificações e manter o padrão de

distribuição espacial dos dados originais. Por fim, o resultado é avaliado no que se refere às condições iniciais.

2.3.3. Modelos Conceituais

Devido à subjetividade do processo de generalização cartográfica vários autores propõem modelos na tentativa de formalizar suas etapas. McMaster & Shea (1992) apresentam o modelo de Ratajski, de 1967, como a primeira tentativa de compreender melhor o processo de generalização. Ratajski define dois tipos de generalização: quantitativa e qualitativa. O primeiro refere-se à redução gradual na quantidade de informações do mapa de acordo com a redução de escala. Generalização quantitativa é a transformação na simbologia, tornando-a mais simples.

O Modelo de Morrison (1974, citado por MCMASTER & SHEA, 1992) tenta relacionar os quatro elementos básicos da generalização mencionados por Robinson. Tais elementos são classificação, simplificação, simbolização e indução. Segundo Robinson *et al* (1995) a *classificação* é um processo intelectual referente ao agrupamento de feições de acordo com seus atributos e seu valores. Pode ser dividido em qualitativo (por exemplo, tipo de solo) e quantitativo (por exemplo, quantidade de escolas por bairro de um município). A *simplificação* é utilizada para enfatizar características importantes das feições e eliminar detalhes desnecessários. O procedimento de relacionar símbolos gráficos às feições ou codificar as informações para serem visualizadas no contexto e na escala da carta é chamado de *simbolização*. A *indução* é definida como um processo lógico de dedução ou inferência (ROBINSON *et al*, 1995). No modelo de Morrison cada um destes elementos é um processo de generalização pelos quais as feições devem passar, desde a realidade do cartógrafo até o produto final, a carta em si.

Outro modelo citado por McMaster & Shea (1992) foi desenvolvido por Nickerson e Freeman, em 1986, para ser utilizado em sistemas especialistas para generalização cartográfica. O diferencial deste modelo é o conceito de escala intermediária. Tem-se uma carta em uma escala $1:k$, símbolo de tamanho a e área $w \cdot h$ (largura x altura) e outra carta, que é produzida a partir de uma escala base, em uma escala intermediária. Nesta nova carta, a simbologia é modificada por k , parâmetro de exagero. Os autores aplicam os seguintes operadores na carta original:

deleção, simplificação, combinação e conversão, que consiste na primeira etapa. A modificação da simbologia segundo o fator de exagero k integra a segunda etapa, realizada na carta intermediária, com escala e área da carta original. A terceira etapa compreende o deslocamento das feições já generalizadas e a nova localização dos símbolos, ações aplicadas na carta derivada da escala intermediária. A redução de escala da carta original refere-se à quarta etapa e origina uma carta na dimensões desejadas. A última etapa consiste no posicionamento da toponímia na carta reduzida. O produto final deve ser uma carta generalizada na escala $1:km$, com símbolos de tamanho a e área $(w \cdot h)/k$.

McMaster & Shea (1992) citam o modelo de Brassel e Weibel (1988) como um dos modelos de generalização cartográfica mais detalhado, até então, e um dos primeiros a ter a generalização automática como foco. É o primeiro modelo a mencionar que os problemas de visualização devem ser identificados antes da realização da generalização. Cinco processos de generalização digital são definidos: (1) reconhecimento da estrutura, (2) reconhecimento do processo, (3) processo de modelagem, (4) execução do processo e (5) visualização dos dados.

O primeiro processo, *reconhecimento da estrutura*, depende dos objetivos da generalização. Segundo McMaster & Shea (1992) para Brassel e Weibel, estes objetivos são: qualidade do banco de dados original, escala final da carta e princípios da comunicação. Este reconhecimento pode ser definido como a identificação de feições cartográficas ou grupos de feições, relações espaciais e medidas de importância entre feições. O *reconhecimento do processo* envolve a identificação das transformações e dos parâmetros necessários para a generalização, através da determinação do que deve ser feito no banco de dados original, quais conflitos devem ser identificados e resolvidos, quais objetos e estruturas devem ser mantidos na nova escala. O terceiro processo, *de modelagem*, relaciona-se com regras e procedimentos contidos em uma biblioteca digital. A execução do processo consiste na aplicação das regras e procedimentos, estabelecidos no processo anterior, no banco de dados original para a criação das feições generalizadas. Por fim, há a exibição dos dados generalizados já como uma carta.

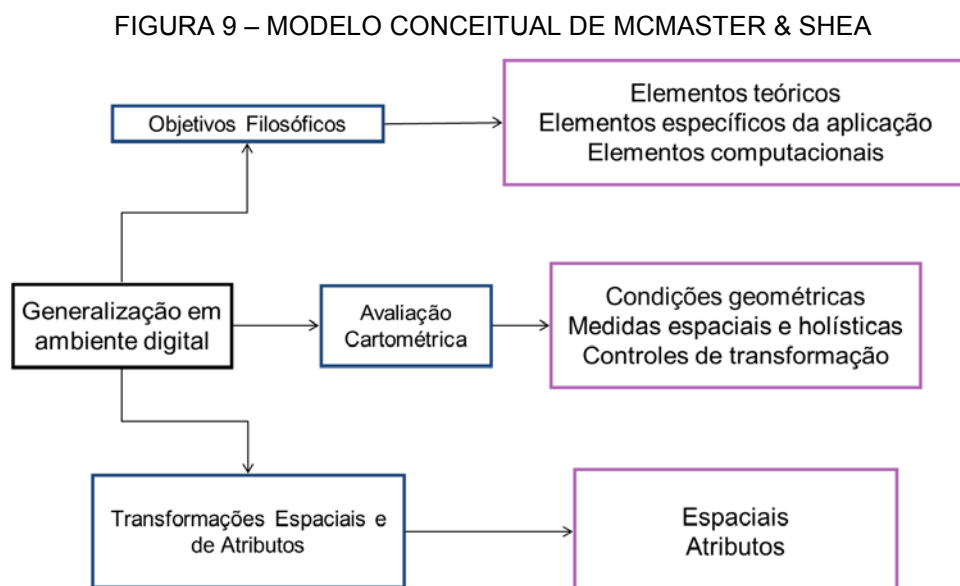
Apesar de diversos estudos tentarem definir o processo de generalização e suas etapas, tanto quando feito, manual quanto digitalmente, nenhum dos modelos apresentados por McMaster & Shea explicam porque este processo é necessário e nem em quais situações deve ser realizado. Os mesmos autores propõem um modelo

conceitual de generalização cartográfica digital com os objetivos, quais operações permitem generalizar e estão disponíveis, e como decidir quando generalizar.

2.3.4. Modelo de McMaster & Shea

O modelo conceitual de McMaster & Shea é composto por três áreas: (1) objetivos filosóficos, por que generalizar, (2) avaliação cartométrica, quando generalizar, e (3) transformações espaciais e de atributos, como generalizar. Optou-se pela utilização deste modelo pela presença de situações, em uma carta derivada, que são utilizadas como indicativos da necessidade de generalizar e podem ser detectadas automaticamente.

Este modelo apresenta os objetivos da generalização digital, que são a manutenção do processo de comunicação cartográfica apesar da redução da escala e a satisfação das necessidades e requisitos do usuário, e os requisitos computacionais para a realização deste processo. A Figura 9 apresenta o esquema do modelo conceitual de McMaster & Shea (1992).



FONTE: Adaptado de McMaster & Shea (1992)

Os objetivos filosóficos (por que generalizar?) correspondem ao primeiro componente e consiste dos motivos que levam à realização do processo de

generalização em ambiente digital. Estes são listados a seguir (MCMASTER & SHEA, 1992):

- *Elementos teóricos*: princípios básicos da cartografia;
- *Elementos específicos da aplicação*: requisitos específicos do problema de generalização considerado, e
- *Elementos computacionais*: exigências e recursos tecnológicos existentes.

Do ponto de vista teórico, as técnicas de generalização são aplicadas para minimizar os efeitos indesejados da redução de escala. Seis elementos teóricos são descritos por McMaster & Shea (1992) para conduzir o processo de generalização: *redução da complexidade*, *manutenção da acurácia espacial*, *da acurácia de atributos*, *da qualidade estética* e *da hierarquia lógica* e *aplicação de regras consistentes*.

McMaster & Shea (1992) relacionam a *redução da complexidade* com a quantidade e a diversidade de elementos gráficos que representam as feições e sua interação com a carta. A *acurácia espacial* está relacionada ao deslocamento entre a feição original e a generalizada (MCMASTER & SHEA, 1992). A *manutenção da acurácia de atributos* envolve análise estatística e métodos de classificação (MCMASTER & SHEA, 1992). A *manutenção da qualidade* estética de uma carta está relacionada com seu equilíbrio visual e este depende da hierarquia visual das feições, do contraste, e da relação figura/fundo (ROBINSON *et al*, 1995), ou seja, da linguagem visual da carta. A hierarquia lógica de uma carta é determinada pelo seu objetivo. Como uma carta topográfica deve apresentar todas as feições visíveis da superfície terrestre, nenhuma é mais relevante do que a outra e a *manutenção da hierarquia lógica* deve respeitar este fator (MCMASTER & SHEA, 1992). A generalização realizada em ambiente digital não elimina a característica da subjetividade do processo. Os cartógrafos devem determinar exatamente quais algoritmos utilizar, em qual ordem aplicá-los e quais parâmetros são necessários para a realização do processo, através da *aplicação de regras consistentes*.

O nível de generalização deve corresponder aos requisitos de visualização da carta derivada. Para isto, três elementos são mencionados por McMaster & Shea (1992): *finalidade do mapa e do usuário*, *escala apropriada* e *manutenção da clareza gráfica*.

Um mapa é produzido para um determinado *objetivo e usuário*, o que influencia a estrutura geral do mapa e a linguagem visual, seja este mapa impresso ou digital. A generalização cartográfica deve ser realizada considerando quem é o usuário e porque ele precisa da carta (MCMASTER & SHEA, 1992). A escala é o elemento do mapa que determina a quantidade, o nível de detalhamento e o tipo de informação que será mantida após a generalização e o mapa derivado deve ter uma *escala apropriada* para corresponder ao objetivo do mapa e ao usuário (MCMASTER & SHEA, 1992). A *manutenção da clareza gráfica* refere-se à legibilidade de uma carta (MCMASTER & SHEA, 1992).

Como a generalização passou a ser realizada em ambiente digital, os seguintes elementos computacionais devem ser considerados: *custo efetivo dos algoritmos, redução máxima de dados e necessidade de memória*.

O *custo efetivo dos algoritmos* está relacionado à decisão de qual utilizar, o que deve ser baseada na qualidade que se espera da carta generalizada e isto tem relação com o tempo de processamento do algoritmo, o objetivo da carta, a escala e os padrões de acurácia. (MCMASTER & SHEA, 1992). A *redução máxima de dados* armazenados é impulsionada pela escala final da carta ou pelo modo de visualização, a resolução gráfica do monitor e o objetivo da carta. Tal redução pode ser alcançada através da redução da quantidade de coordenadas necessárias para representar as feições e quantidade de informações da estrutura de dados, tornando-a mais compacta. (MCMASTER & SHEA, 1992). A *necessidade de memória* está vinculada às feições e ao espaço necessário para o seu armazenamento, assim como à memória virtual suficiente para o arquivamento de arquivos temporários, e aos algoritmos utilizados, os quais dependem dos limites impostos pela memória e pela velocidade de processamento do sistema computacional (MCMASTER & SHEA, 1992; STOTER, 2005).

As transformações espaciais e de atributos (como generalizar?) compreendem os operadores de generalização que modificam os dados digitais e podem ser espaciais ou de atributos. Assim como Robinson *et al* (1995), McMaster & Shea (1992) afirmam que a seleção não é um operador e sim uma etapa pré-generalização pela qual qualquer representação cartográfica deve passar. Após a redução de escala, talvez seja necessário selecionar o que deve ser representado e alguns autores denominam esta operação como *eliminação*. As transformações espaciais são aquelas que alteram a representação dos dados de um ponto de vista

geográfico ou topológico. McMaster & Shea definem dez operadores de transformações espaciais: *simplificação*, *suavização*, *agregação*, *amalgamação*, *união*, *colapso*, *refinamento*, *exagero*, *realce* e *deslocamento*. A *simplificação* consiste na eliminação de pontos baseada na avaliação de sua importância para a manutenção das características ou da forma descritivas de feições (MCMASTER & SHEA, 1992). A *suavização* atua em pontos individuais, deslocando-os para remover pequenas perturbações e manter somente as tendências mais importantes da linha (MCMASTER & SHEA, 1992). O operador de *agregação* consiste na reunião de feições pontuais próximas em uma área contínua quando o número ou a densidade de pontos não permite a representação individual das feições (MCMASTER & SHEA, 1992). A *amalgamação* se refere à reunião de polígonos, eliminando seus limites e preservando a característica geral de representação de uma região (MCMASTER & SHEA, 1992). O operador de *união* une duas ou mais feições lineares paralelas pouco espaçadas, pois não é possível representar as características das feições individuais (MCMASTER & SHEA, 1992). O *colapso* é um operador de mudança dimensional, aplicado em feições de áreas para serem representadas como feições pontuais ou lineares (MCMASTER & SHEA, 1992). O *refinamento* consiste na redução de detalhes excessivos ou muito pequenos para serem legíveis, sem perder a características da feição (MCMASTER & SHEA, 1992). O operador de *exagero* aumenta o tamanho da representação de uma feição quando esta é imprescindível para a compreensão da carta e a redução de escala a torna imperceptível (MCMASTER & SHEA, 1992). O *realce* refere-se à mudança na simbologia e não altera a dimensão espacial da feição. Deve ser aplicado para alcançar a representação da simbologia associada (MCMASTER & SHEA, 1992). O operador de *deslocamento* deve ser aplicado quando duas ou mais feições estão muito próximas entre si ou até sobrepostas, para que seja possível visualizar as feições individuais (MCMASTER & SHEA, 1992).

As transformações de atributos são *classificação* e *simbolização*, e se referem à manipulação de características secundárias.

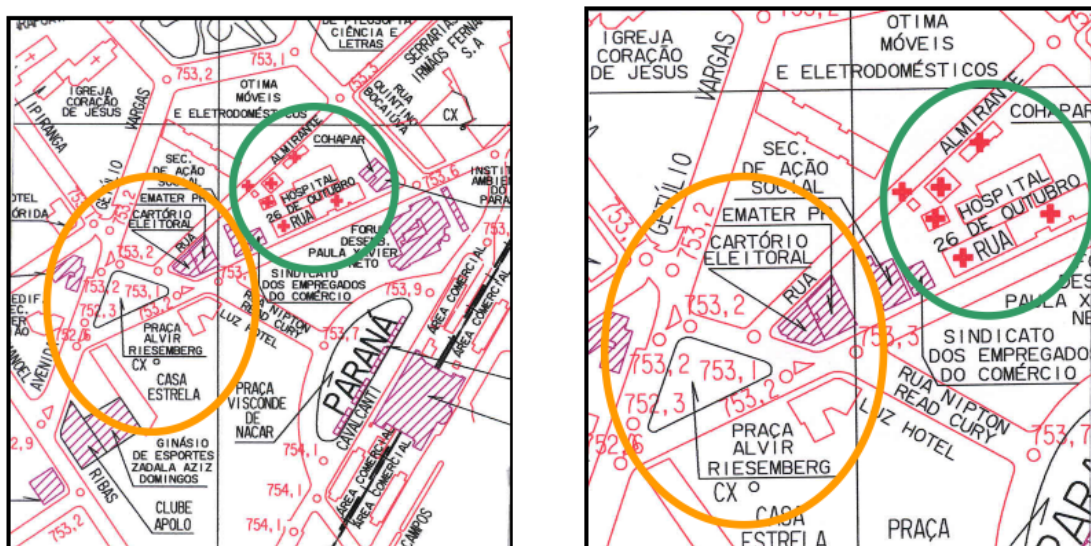
A *classificação* consiste em agrupar as feições em classes que tenham as mesmas características baseado na proximidade entre elas (MCMASTER & SHEA, 1992). O operador de *simbolização* consiste na mudança de nível de medida ou mudança do tipo de dado. Pode ser resultado da nova classificação (MCMASTER & SHEA, 1992).

2.3.4.1. Avaliação cartométrica – quando generalizar

McMaster & Shea alegam que a generalização digital é necessária quando a carta não atende aos objetivos propostos no início da sua produção. Ou seja, o usuário não consegue compreender o que está representado devido à falta de clareza. Três aspectos devem ser considerados para realizar a generalização: condições geométricas, medidas espaciais e holísticas e controles de transformação. As condições geométricas mencionadas pelos autores são: *congestionamento*, *coalescência*, *conflito*, *complicação*, *inconsistência* e *imperceptibilidade*.

Se uma carta tem sua escala reduzida a quantidade de feições representada é alterada, no entanto o espaço físico reservado para representação permanece o mesmo. O resultado é um aglomerado de símbolos, devido à alta densidade de feições, denominado de *congestionamento* por McMaster & Shea (1992). O congestionamento afeta a eficiência da comunicação cartográfica. Na Figura 10 se observa a superlotação de símbolos da feição Hospital e na representação de pontos intervias.

FIGURA 10 – EXEMPLO DE CONGESTIONAMENTO

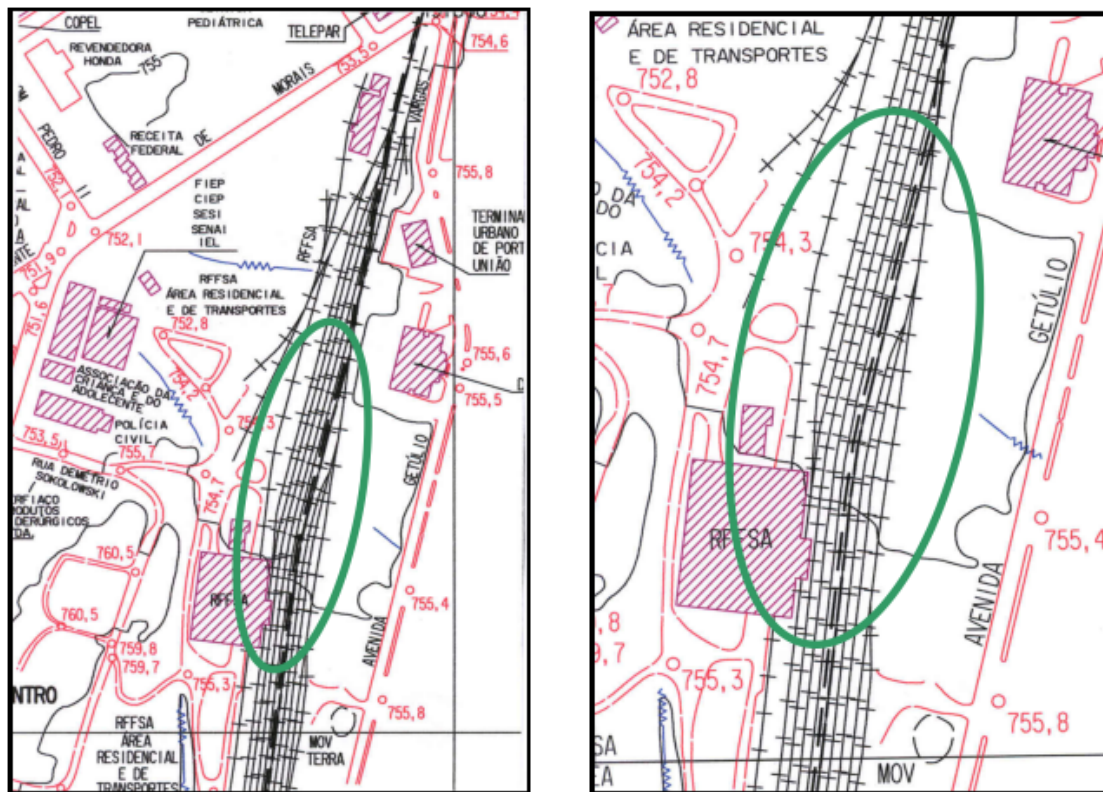


FONTE: Nalini (2005)

A condição geométrica de *coalescência* está relacionada à aproximação e sobreposição, parcial ou total, de feições. Isto ocorre pelo fato da distância entre as feições estar abaixo do valor mínimo perceptível aos olhos humanos, quando se tratar

de uma carta impressa, ou abaixo da resolução do sistema computacional em que a carta será visualizada, o que pode fazer com que feições se ‘toquem’. (MCMASTER & SHEA, 1992). A Figura 11 apresenta um exemplo desta condição, com relação às faixas de uma ferrovia. Ao reduzir a escala, há um aumento de densidade de linhas.

FIGURA 11 – EXEMPLO DE COALESCÊNCIA



FONTE: Nalini (2005)

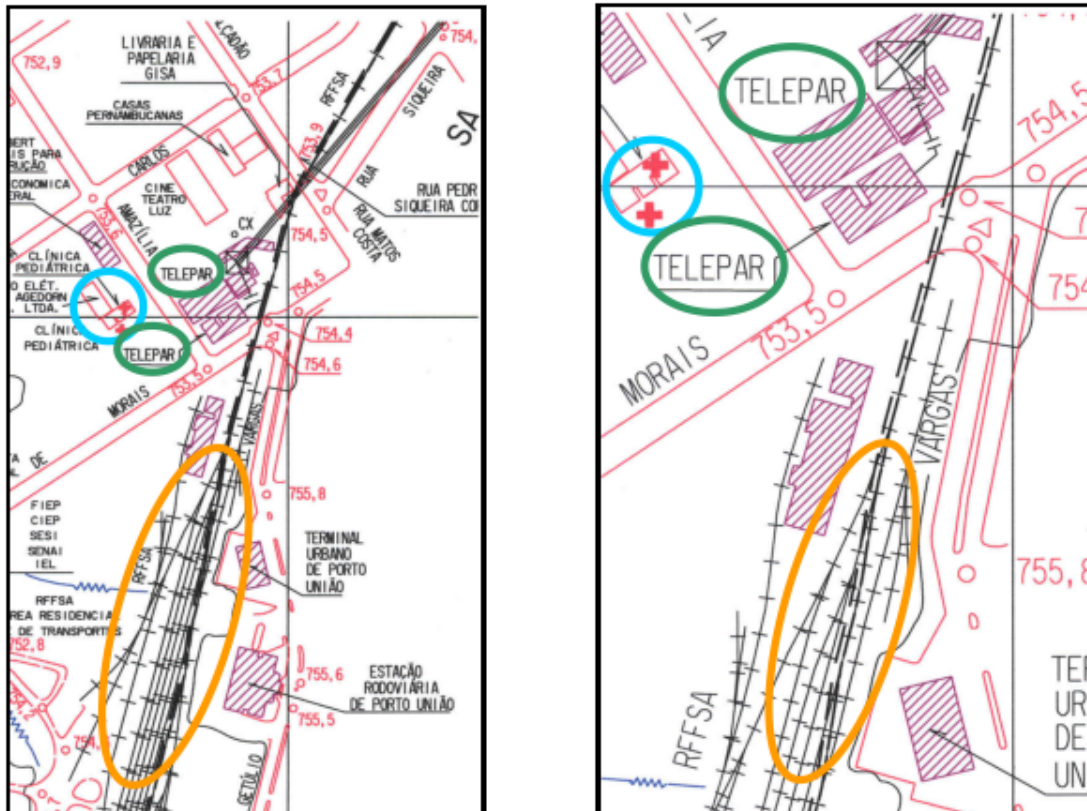
O *conflito* ocorre quando a representação de uma feição está em conflito lógico com o fundo da carta. Por exemplo, dada duas feições com uma relação lógica entre si: linear e de área, como uma rodovia sobre uma ponte, ligando duas cidades, o conflito se daria caso fosse necessário eliminar o rio que passa por baixo desta ponte. Tanto essa feição quanto a rodovia iriam passar sob um rio não existente. Esta condição geométrica pode ser resolvida com uma nova simbologia ou com a aplicação dos operadores de deslocamento ou eliminação (MCMASTER & SHEA, 1992). A figura abaixo apresenta três situações que exemplificam a condição de conflito, destacadas por cores diferentes:

- A representação do limite entre os estados do Paraná e de Santa

Catarina se dá sobre a linha férrea. Esta sobreposição de feições prejudica a comunicação cartográfica, interferindo na leitura da carta;

- A duplicação da toponímia 'TELEPAR' e
- A duplicação do símbolo pontual que representa a edificação de clínica.

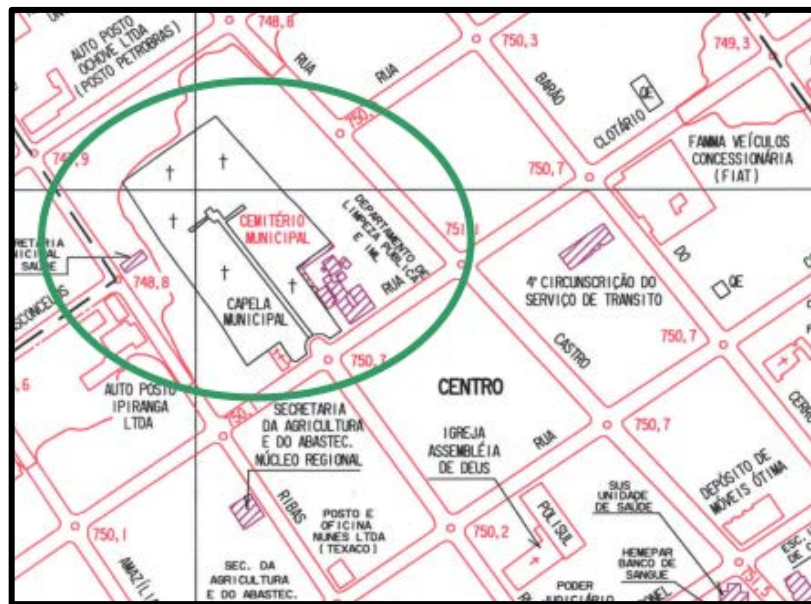
FIGURA 12 – EXEMPLO DE CONFLITO



FONTE: Nalini (2005).

A *complicação* resulta da ambiguidade na aplicação dos algoritmos referentes aos operadores de generalização. Este processo depende de alguns fatores como: complexidade dos dados, temporalidade, seleção das técnicas de iteração e seleção dos parâmetros (MCMASTER & SHEA, 1992). Na Figura 13 se observa a presença da complicação na visualização do topônimo das edificações referentes à capela municipal, ao cemitério municipal e do 'Departamento de Limpeza e Instituto Médico Legal – IML'.

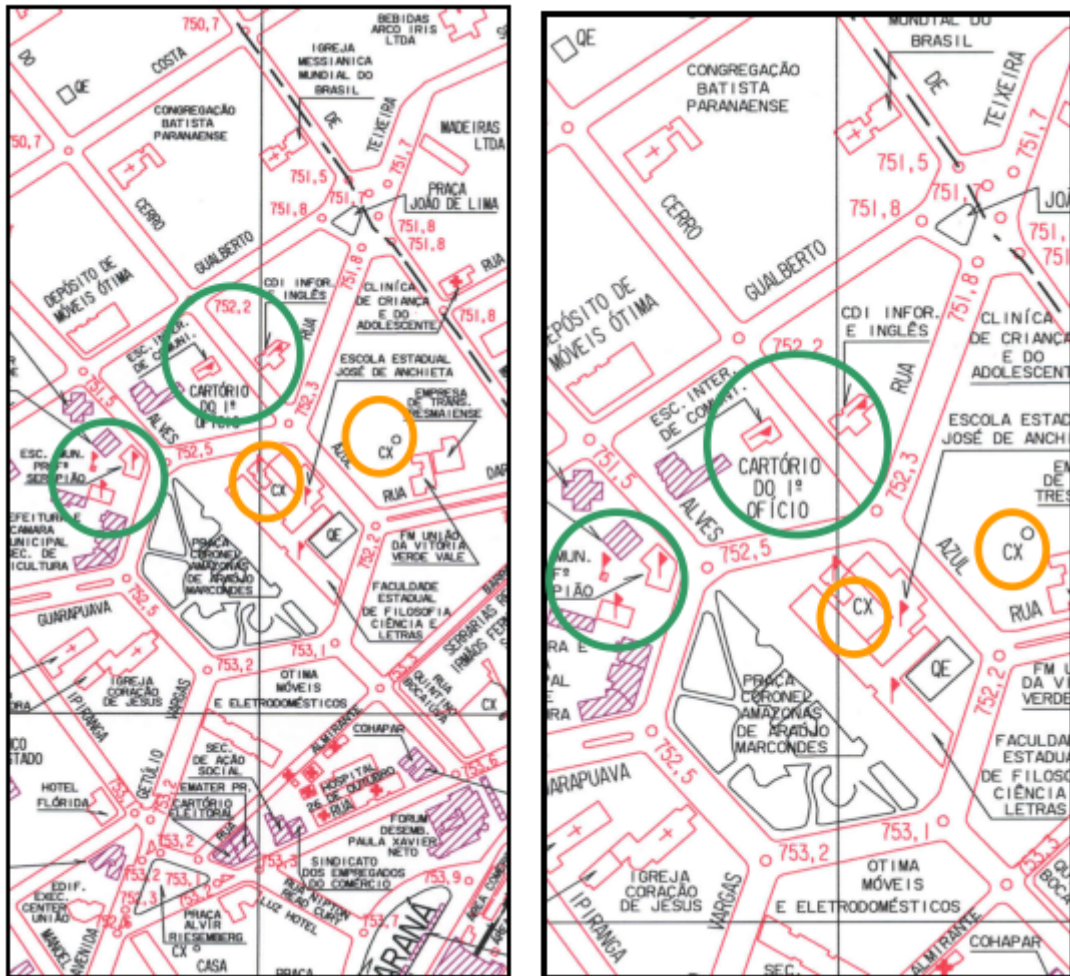
FIGURA 13 – EXEMPLO DE COMPLICAÇÃO



FONTE: Nalini (2005).

A aplicação dos operadores de generalização de um modo não uniforme refere-se à condição de *inconsistência* (MCMASTER & SHEA, 1992). Esta condição é ilustrada pela Figura 14. A decisão da localização do texto ou do símbolo que representa as feições não foi uniforme. Os símbolos pontuais que representam a feição escola estão dispostos com ângulos diferentes. As feições caixa d'água também apresentam inconsistência. Uma feição está representada por um símbolo pontual e outra está representada somente com a indicação do topônimo.

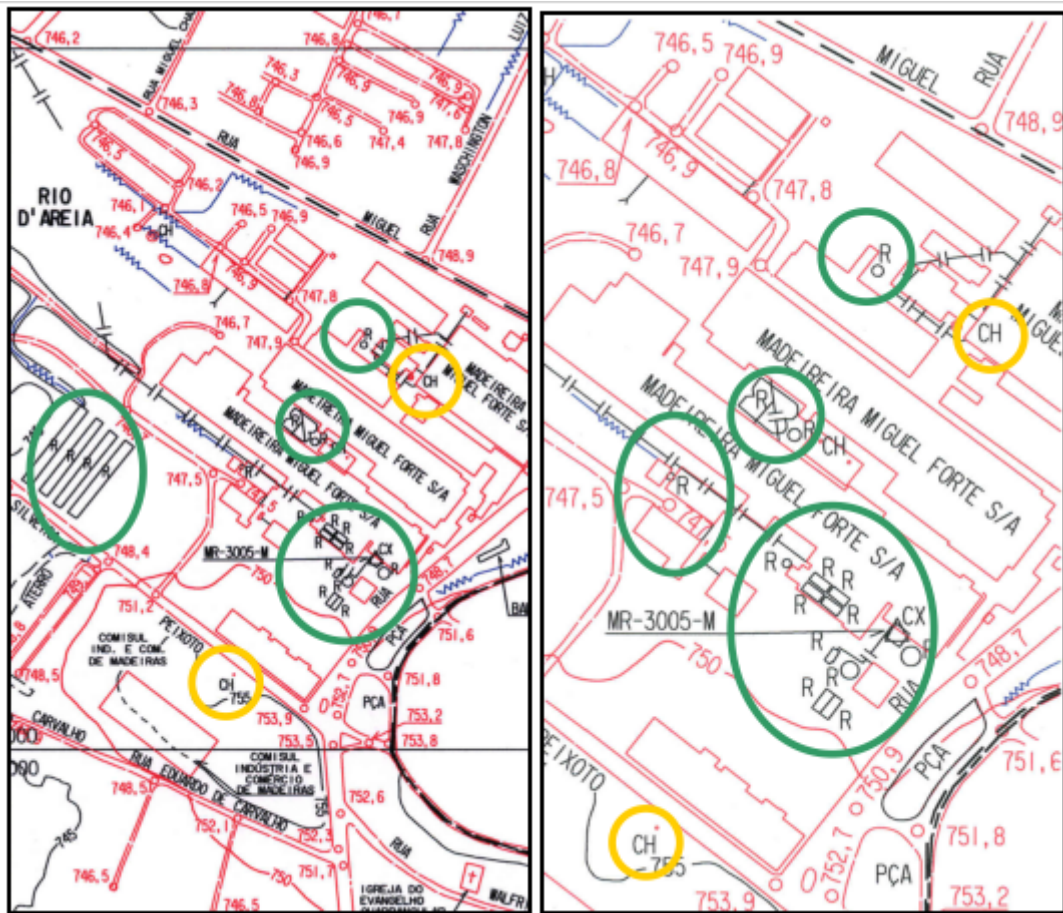
FIGURA 14 – EXEMPLO DE INCONSISTÊNCIA



FONTE: Nalini (2005)

Com a redução da escala da carta, os símbolos também são reduzidos e podem apresentar dimensões menores do que o tamanho mínimo perceptível ao olho humano. Para solucionar este problema, pode-se eliminar, realçar ou exagerar a feição (MCMMASTER & SHEA, 1992). McMaster & Shea (1992) declaram que a *imperceptibilidade* é uma das condições mais dominantes do processo de generalização. Na Figura 15 as feições chaminé 'CH' e reservatório 'R' estão representadas abaixo do tamanho mínimo perceptível.

FIGURA 15 – EXEMPLO DE IMPERCEPTIBILIDADE



FONTE: Nalini (2005)

A detecção de uma (ou mais) das condições geométricas mencionadas acima é um indicativo de que a generalização deve ser feita para minimizar os efeitos da redução de escala. No entanto, assim como todo o processo de generalização, a detecção de tais condições geométricas é subjetiva. A dificuldade da avaliação cartométrica inclui também o estabelecimento de valores para a determinação destas condições (MCMASTER & SHEA, 1992).

De acordo com McMaster & Shea (1992) medidas podem ser realizadas nas cartas original e generalizada para determinar a presença das condições geométricas. As medidas espaciais e holísticas são utilizadas como indicadores da geometria de objetos individuais e servem como base para a avaliação das relações espaciais entre as feições.

As medidas espaciais e holísticas podem ser verificadas em uma feição individual, duas feições independentes e sobre o relacionamento de múltiplas feições. As medidas listadas por McMaster & Shea (1992) são: *densidade*, *distribuição*,

comprimento e sinuosidade, forma, distância, Gestalt e abstratas.

Medidas de *densidade* incluem a quantidade de feições pontuais, lineares ou de área por unidade de área, densidade média destes objetos. São usadas para avaliar relacionamentos entre feições (MCMASTER & SHEA, 1992). *Medidas da distribuição* permite uma avaliação da distribuição total do mapa e compreendem valores de dispersão, aleatoriedade e agrupamento, para feições pontuais. As feições lineares são avaliadas pela sua complexidade e de feições de área podem ser obtidas medidas de distâncias até uma determinada feição ou ponto de interesse (MCMASTER & SHEA, 1992). *Comprimento e sinuosidade* são medidas que podem ser aplicadas somente em feições lineares e de áreas (seus limites) individuais. Entre as medidas de comprimento pode-se citar: número total de coordenadas, comprimento total e número médio de coordenadas ou desvio-padrão das coordenadas por unidade. Com relação à medida de sinuosidade estas são: mudança angular total, variação angular média por ângulo, somatório dos ângulos (MCMASTER & SHEA, 1992). A *forma* pode ser utilizada para determinar se uma feição de área pode ser representada em outra escala ainda como área (MCMASTER & SHEA, 1992). Os elementos usados para se obter este tipo de medida são a geometria das feições pontuais, lineares ou de área, o perímetro das feições de área, o centroide das feições lineares ou de área, a variação nas coordenadas X e Y das feições de área (BACHI, 1973 citado por MCMASTER & SHEA, 1992). As medidas de *distância* podem ser efetuadas entre todos os tipos de feições (pontuais, lineares e de área). A recomendação é utilizar a menor medida perpendicular ou medida euclidiana entre cada feição. A ferramenta *buffer*, presente em muitos *softwares*, pode ser empregada para se obter distâncias entre as feições. Tais valores podem indicar se as feições ou seus respectivos *buffers* estarão em conflito (condição geométrica) com a redução de escala (MCMASTER & SHEA, 1992).

As *medidas de Gestalt* auxiliam na avaliação de características perceptíveis das distribuições das feições através dos relacionamentos que existem entre a percepção visual e a comunicação (MCMASTER & SHEA, 1992). A Teoria da Gestalt afirma que a primeira sensação é a de forma, global e unificada. Feições isoladas não são vistas, mas sim as relações entre estas feições. Ou seja, os mapas são vistos como um todo, por isso o efeito visual sobre seu conjunto é superior e mais importante que feições individuais (JESUS *et al*, 2012). Entre as medidas deste tipo pode-se citar a similaridade, feições similares tendem a se agrupar, segundo a cor e textura, por

exemplo. Outra medida de Gestalt é a relação símbolo/fundo, quando os símbolos são vistos contra o fundo do mapa, destacando sua importância.

As medidas *abstratas* avaliam a natureza conceitual das distribuições espaciais. Complexidade, homogeneidade, simetria e repetição são exemplos de medidas abstratas (MCMASTER & SHEA, 1992).

McMaster & Shea afirmam que muitas destas medidas espaciais e holísticas podem ser desenvolvidas em ambiente digital, e até mesmo, *softwares* de SIG possuem ferramentas de análise espacial que acomodam tais medidas, com exceção das medidas da Gestalt e Abstratas.

Os controles de transformação se relacionam com a *seleção dos operadores* de generalização que reestabelecem os padrões de visibilidade e legibilidade, *dos algoritmos* utilizados para aplicar os operadores e dos *parâmetros gráficos* necessários para minimizar ou evitar os problemas de representação para a escala desejada (MCMASTER & SHEA, 1992).

Para a seleção de quais operadores deve-se considerar a importância das feições individuais, o objetivo da carta e do usuário, a complexidade das relações entre as feições, a presença e a influência da representação desordenada da carta, a necessidade de variar o tipo e a quantidade de operadores, a ordem de aplicação dos operadores da generalização em diferentes feições e a disponibilidade e robustez dos operadores e dos seus algoritmos (MCMASTER & SHEA, 1992). Os algoritmos de generalização digital devem ser modelados, testados e avaliados com relação aos requisitos de generalização, ou as condições geométricas. Os algoritmos devem ser definidos com base nos seguintes fatores: resultado esperado pelo usuário, equipamentos disponíveis, processamento e a acurácia (MCMASTER & SHEA, 1992). A definição dos parâmetros, ou dos valores de tolerância, influencia mais nos resultados finais do que a escolha dos operadores e dos algoritmos. Assim como os algoritmos, os parâmetros afetam a localização e, principalmente, a representação das feições na escala reduzida (MCMASTER & SHEA, 1992).

2.4. SISTEMAS ESPECIALISTAS

Um sistema especialista é uma técnica de resolução de problemas pertencentes à área de Inteligência Artificial. Tais sistemas imitam e expressam o comportamento especialista de profissionais em um determinado domínio de conhecimento. O objetivo em um sistema especialista é tratar este conhecimento de modo computacional para que o usuário possa obter as respostas às perguntas relacionadas ao domínio do conhecimento do sistema (RUSSELL & NORVIG, 1995). Segundo Heinzle *et al* (1998) um sistema especialista é um programa computacional que tem como objetivo captar o conhecimento especialista humano para ter capacidade de solucionar os problemas com perícia comparável à do especialista humano. Waterman (1986) define sistemas especialistas como programas computacionais que manipulam conhecimento para solucionar problemas de modo eficiente de uma área específica de problemas e para auxiliar na tomada de decisões.

A forma de representação do conhecimento influencia nas decisões sobre como e o que será visto no mundo real, pois cada forma de representação destaca determinados aspectos da realidade e mascara outros (DAVID *et al*, 1993). A ontologia relacionada à Inteligência Artificial (IA) se refere aos conceitos que podem ser utilizados para descrever alguma área do conhecimento ou construir uma representação dela (PANTALEÃO, 2002).

Um sistema especialista é uma classe de programa baseados em conhecimento (PANTALEÃO, 2002). Russel & Norvig (1995) afirmam que o objetivo da representação de conhecimento é expressar tal conhecimento de um modo que este possa ser tratado computacionalmente e ser utilizado por um agente de sucesso. As técnicas de construção baseadas em conhecimento são implementadas com base em nos seguintes parâmetros: a forma de representação do conhecimento, a ontologia, e os métodos de inferência (RICH & KNIGHT, 1995).

As soluções encontradas pelos sistemas devem seguir os princípios adotados pelos especialistas que participarão do seu desenvolvimento. De acordo com Abel (1998) os sistemas especialistas apresentam as seguintes características:

- Refletem a forma de solucionar o problema de um ou mais especialistas humanos;
- As tarefas preferenciais para este tipo de sistema são fundamentalmente as de natureza simbólica;

- A capacidade de utilizar o conhecimento na resolução de problemas permite que a busca de solução em problemas complexos seja feita de maneira dirigida.

O QUADRO 6 apresentam-se algumas aplicações dos sistemas especialistas, segundo Abel (1998).

QUADRO 6 – TIPOS DE SISTEMAS ESPECIALISTAS E SUAS APLICAÇÕES

TIPO DE SISTEMA	APLICAÇÕES
Sistema de interpretação	Identificar objetos a partir de observações
Sistema de diagnóstico	Deduzir possíveis problemas a partir de observações ou sintomas
Sistema de projeto	Desenvolver configurações de objetos que satisfazem determinados requisitos
Sistema de monitoração	Comparar observações de comportamento de sistemas, com características consideradas obrigatórias para alcançar objetivos
Sistema de controle	Governar de forma adaptativa o comportamento de um sistema

FONTE: Adaptado de Abel (1998).

Furnival (1995) afirma que os sistemas especialistas, em especial do sistema de diagnóstico, codificam o conhecimento de um domínio especializado bem delimitado e são construídos para serem utilizados por especialistas neste domínio. São sistemas que fornecem apoio na tomada de decisões. Pantaleão (2003) propõe que diversas áreas da Cartografia possuem as características que indicam que um sistema especialista pode ser aplicado de modo eficiente, como dados simbólicos, técnicas convencionais inadequadas ou insuficientes, a experiência do profissional é significativa em seu desempenho e a análise demorada e criteriosa de muitos fatores. A detecção automática das condições geométricas apresenta tais características e o sistema desenvolvido para tal detecção refere-se ao um domínio específico e provê apoio na definição de quais operadores de generalização devem ser aplicados para solucionar os problemas de representação.

Pantaleão (2003) afirma que um sistema especialista possui três componentes principais:

1. Base de conhecimento: armazena o conhecimento abstrato como um conjunto de regras, como SE (situação) ENTÃO (resultado).
2. Memória do trabalho: armazena o conhecimento concreto, o qual pode ser considerado fato (realidade) antes do processo de indução. É considerada transitória, pois, conforme o sistema é desenvolvido ou processado, a realidade pode ser alterada.
3. Mecanismo de inferências: é o processador ou interpretador do conhecimento, sendo o elemento principal do sistema. Tem como função buscar, selecionar e avaliar as regras baseados no conhecimento, para integrar o conhecimento abstrato contido das regras com o conhecimento concreto armazenado na base de fato, o que induz a conclusões e gera novos fatos.

Russel & Norvig (1995) afirmam que os sistemas especialistas podem ser divididos em quatro categoriais:

- a) Provadores de teorema e linguagens de programação lógica - estes provedores partem de um objetivo, teorema, e realizam o encadeamento para trás, para determinar se este pode ser provado ou não, se deriva ou não da base de conhecimento;
- b) Sistemas de produção – os procedimentos são ações sequenciais necessárias à solução do problema. A forma de descrição é dada pelo formato: *SE (condição) então (ação)*. O mecanismo busca validar as premissas das regras, para concluir a parte *então (consequência)* da regra. Esta regra é interpretada como uma ação, e não apenas como uma conclusão lógica;
- c) Sistemas de 'frame' e redes semânticas – o mundo real é descrito através dos objetos que fazem parte da solução. Tais objetos devem ser descritos segundo as suas características e seus relacionamentos com outros objetos. Estes relacionamentos identificam as relações estruturais do domínio do problema e permitem organizar os objetos em hierarquias e outras estruturas;
- d) Sistema de lógica descritiva – empregam o raciocínio baseado em casos, os quais são descrições completas de uma determinada situação e a solução empregada para resolvê-la. O problema pode ser descrito na forma da situação dos objetos envolvidos. São armazenadas descrições de casos na área do conhecimento especializados e assim, um problema similar à outro já

resolvido, é solucionado por analogia. Deste modo, uma solução já aplicada ao problema pode ser utilizada novamente ou adaptada para um determinado caso.

Rolston (1988) afirma que o desenvolvimento de um sistema especialista segue um modelo iterativo e interativo. Após a seleção do problema, é construído um protótipo funcional e este é avaliado tanto pelo profissional que o desenvolveu quanto pelo especialista do domínio que o utilizará. O usuário especialista deve estar envolvido durante todo o processo de construção, deve-se demonstrar a evolução do sistema, e mudanças são bem vindas.

A seleção do problema que será solucionado pelo sistema deve considerar aspectos como a aplicabilidade de técnica para o domínio avaliado, o escopo do problema e a disponibilidade do especialista. O protótipo deve representar uma pequena parte do sistema final. Este auxilia o desenvolvedor a aprender mais sobre o domínio, é útil para avaliar as decisões de projetos iniciais e para verificar a viabilidade do sistema (ROLSTON, 1988). A formalização consiste no projeto do sistema e inclui o registro de todas as decisões de projeto. Entre tais decisões pode-se citar: modos de testes, pontos de controle e ontologia do domínio. A seguir, o sistema é implementado na linguagem ou no ambiente desenvolvido para este fim. Nesta etapa, o protótipo deve ser revisado e o conhecimento central é adquirido e programas auxiliares necessários são desenvolvidos (ROLSTON, 1988).

A última etapa consiste na avaliação do sistema. Muitos domínios não permitem a identificação de apenas uma solução como correta para determinado problema. Então, a avaliação determina se a resposta é compatível com a resposta que um usuário especialista daria para o problema (ROLSTON, 1988).

Entre as ferramentas disponíveis na implementação de sistemas especialistas encontra-se a árvore de decisão. Tal estrutura cria hipóteses baseada em informações específicas, fornecidas pelo desenvolvedor do sistema, e gera conclusões gerais a respeito de um problema específico. Este resultado é consequência de uma série de testes, executados em sequência.

3. METODOLOGIA PARA DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA ESPECIALISTA

3.1. ÁREA DE ESTUDO

Neste trabalho foram utilizadas as bases cartográficas digitais dos municípios paranaenses de Campo Largo e Pinhais, disponibilizadas pelo PARANACIDADE, o *software* ArcGIS, versão 10.1 da tecnologia ESRI, e seu aplicativo *Model Builder*. As bases cartográficas apresentam as características determinadas pela CTCG: sistema de referência – SAD 69, projeção cartográfica – UTM zona 22° S, escala 1:2.000, datadas de 1996.

Definiu-se trabalhar com duas bases cartográficas diferentes para que o sistema especialista possa ser utilizado em áreas urbanas, independentemente do tipo de ocupação e do nível de urbanização. Cada um dos municípios apresenta características diversas em relação a estes aspectos.

O perímetro urbano de Pinhais compreende toda a extensão territorial do município, conforme a Lei Municipal 412 de 2000, logo não há população rural, como mostra o QUADRO 7. De acordo com o zoneamento municipal, a área oeste do município, próximo à divisa com Curitiba, apresenta ocupação consolidada, tanto residencial quanto comercial, o que resulta em um alto grau de urbanização. Ao leste, há áreas de preservação ambiental, restritas a ocupação. Portanto, a ocupação deste município se concentra do lado oeste.

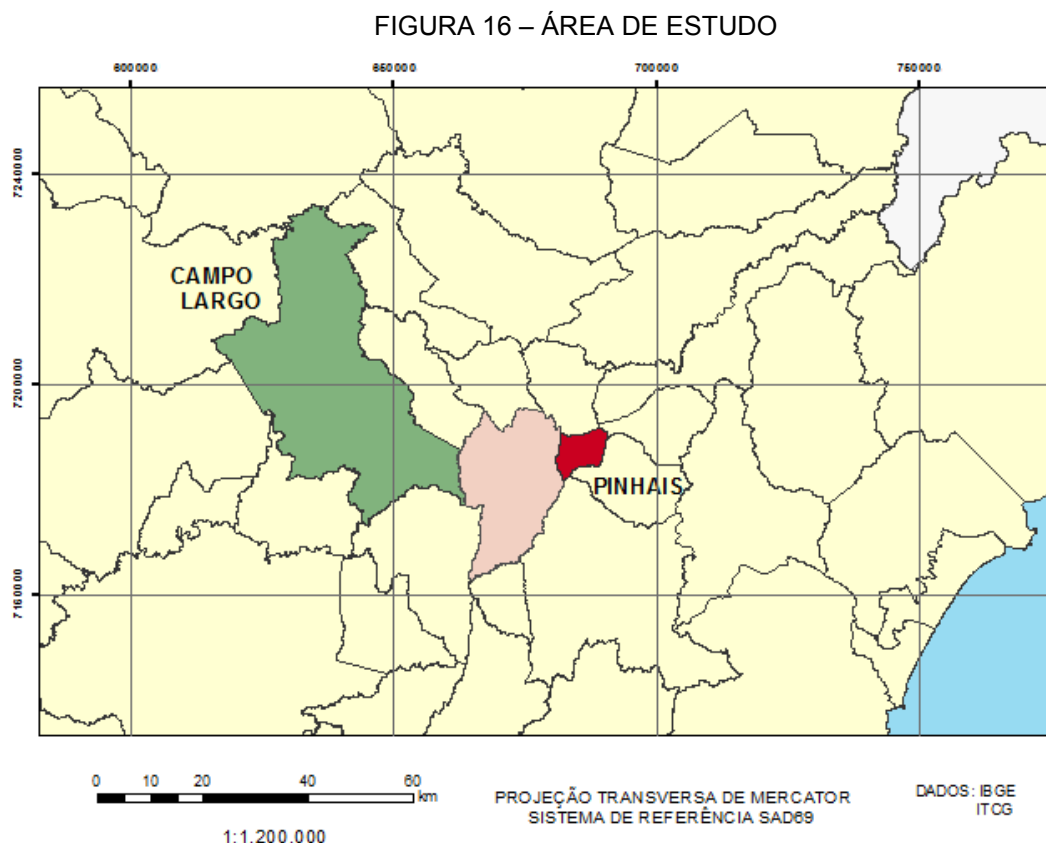
QUADRO 7 – DADOS DOS MUNICÍPIOS ANALISADOS

MUNICÍPIO	ÁREA TOTAL (km ²)	POPULAÇÃO (hab)	DENSIDADE DEMOGRÁFICA (hab/km ²)	POPULAÇÃO URBANA (hab)
Campo Largo	1.249,674	112.377	89,94	94.171
Pinhais	60,865	117.088	1.926,09	117.008

FONTE: IBGE (2010).

A ocupação de Campo Largo se concentra em áreas específicas: na divisa com Curitiba, com destaque para o bairro Ferraria e para os loteamentos Moradias Dona Fina, Vila Gilcy, Jardim Boa Vista, no extremo oeste, incluindo a sede do município e os bairros centrais, próxima ao limite com Balsa Nova e em torno da

Rodovia Federal BR 376. A área norte do município não apresenta edificações na base cartográfica, apesar de incluir dois perímetros urbanos distritais, Palmital de São Silvestre e Três Córregos. A Figura 16 apresenta a localização destes municípios no Estado do Paraná.



FONTE: A autora (2014).

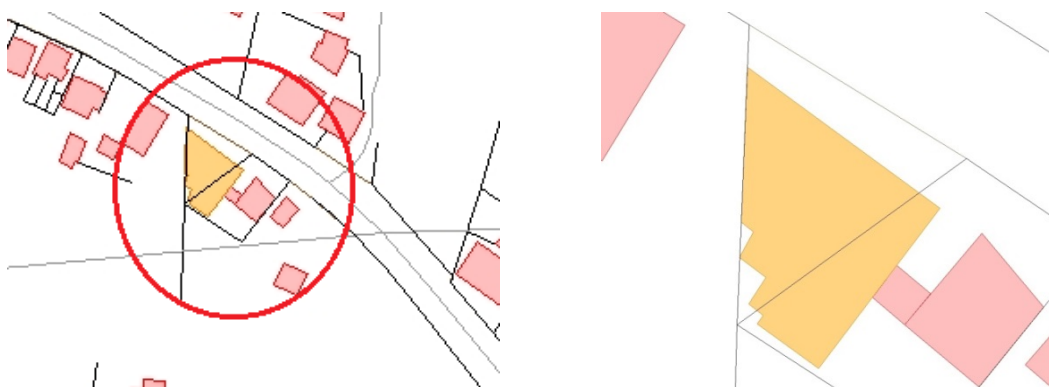
Apesar de ambos os municípios apresentarem alto nível de urbanização, Pinhais possui regiões próximas à divisa com Curitiba com ocupação densa e já consolidada, regiões mais ao leste com poucas áreas residenciais, porém toda sua extensão encontra-se ocupada. Campo Largo é um município maior e sua população está concentrada, na sua maior parte na região oeste, próximo a Balsa Nova e, em uma quantidade menor, ao leste, na divisa com Curitiba. Há extensas áreas sem ocupação, diferente de Pinhais, onde não há vazios urbanos.

3.2. EDIÇÃO DAS BASES CARTOGRÁFICAS

As bases cartográficas utilizadas neste trabalho são elaboradas a partir da restituição aerofotogramétrica na escala 1:2.000, a partir da escala de 1:8.000, apoio de receptores GPS (*Global Positioning System*) geodésicos e referenciados à rede de alta precisão do Estado do Paraná. As feições estão organizadas e armazenadas em arquivos vetoriais. A restituição aerofotogramétrica pode resultar em uma base cartográfica com erros como feições lineares não conectadas, vértices de feições de área inexistentes e feições representadas em locais inexatos. Portanto, é necessário analisar os arquivos vetoriais para validar as bases cartográficas para que seja possível aplicar o sistema especialista.

Como as classes analisadas neste trabalho são as feições de edificações, limites de propriedade e vias, somente estes dados foram analisados para a preparação das bases. As feições da classe 'limites de propriedades' apresentaram problemas como sobreposição de linhas com as feições da classe de edificações. Na Figura 17 (esquerda) apresenta-se um exemplo em que a linha do limite de propriedade sobrepõe a edificação comercial (alaranjada), além de não coincidir com a propriedade em questão. Detectada A escala da carta foi alterada para que a verificação fosse feita (FIGURA 17 à direita). Constatou-se que a linha do limite de propriedade não corresponde ao limite de nenhum polígono das edificações próximas.

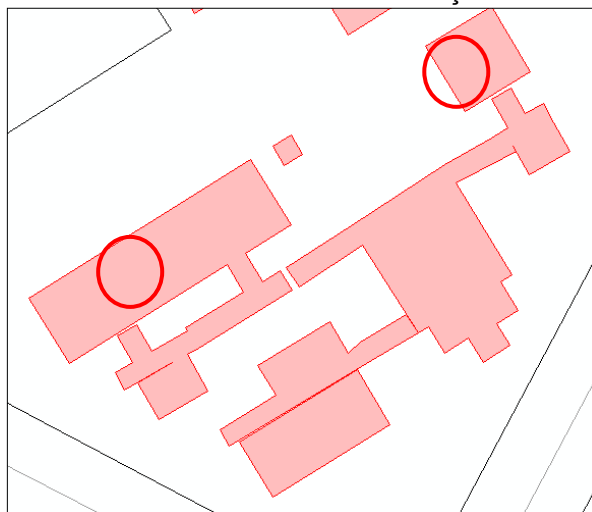
FIGURA 17 – EXEMPLO DE PROBLEMAS DE EDIÇÃO



FONTE: A autora (2014).

Os polígonos que representam as edificações também apresentam problemas com relação às linhas que os delimitam. Como a Figura 22 ilustra, há linhas que ultrapassam o limite do polígono e como resultado há vértices 'dentro' das edificações e, portanto, inexistentes. Tais feições pontuais foram eliminadas.

FIGURA 18 – EXEMPLO DE PROBLEMA DE EDIÇÃO DAS EDIFICAÇÕES

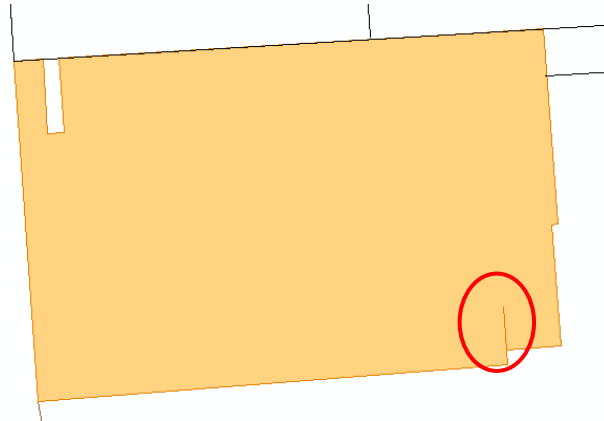


FONTE: A autora (2014).

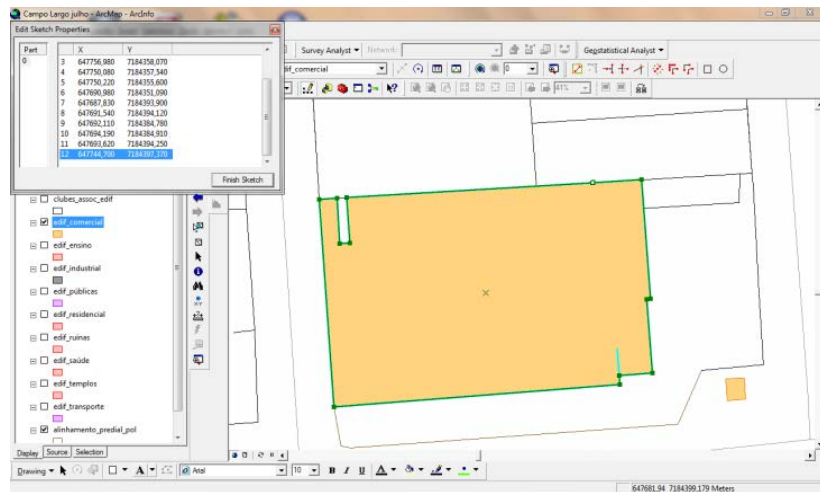
Na Figura 19 (a) apresenta-se uma edificação comercial na qual este problema ocorre. Para a eliminação dos vértices adicionais, foi necessário estar com a função de edição do ArcGIS ativada. Primeiro, selecionou-se o polígono que apresenta o problema e em seguida utilizou-se a ferramenta *Editar vértices*, que permite visualizar, selecionar e modificar os vértices de uma feição. Isto é feito por meio da lista com os vértices da feição, acessada através da função *Propriedades do Esboço*. Nesta lista foi identificado o vértice adicional, o que foi eliminado com a função *Excluir Vértice Selecionado*, como ilustrado pela FIGURA 19 (b). Após a exclusão dos pontos necessários, a edição foi finalizada, salvando automaticamente as modificações realizadas (FIGURA 19 (c)).

As linhas das feições 'limites de propriedades' foram corrigidas de uma maneira similar ao modo que os pontos adicionais foram eliminados. As listas referentes aos vértices pertencentes ao limite de propriedade e a edificação foram visualizadas. Isto é necessário para verificar qual vértice da edificação o ponto da linha do limite de propriedade corresponde. Após isso, as coordenadas da feição linear foram alteradas através das ferramentas *Editar Vértices*. Selecionou-se o ponto com a ferramenta *Mover Para*, e novas coordenadas foram inseridas. O resultado pode ser visto na Figura 20.

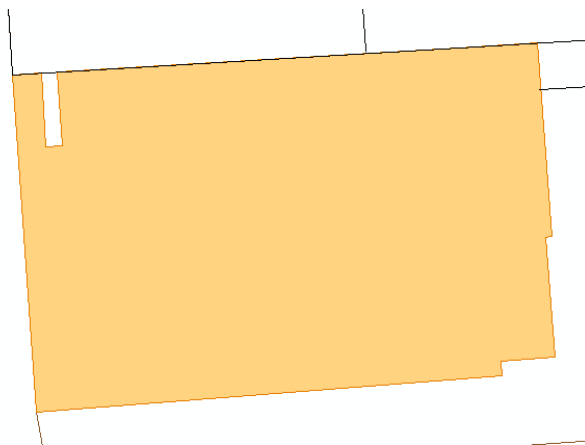
FIGURA 19 – RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS DE EDIÇÃO DA CLASSE EDIFICAÇÕES



(a)



(b)

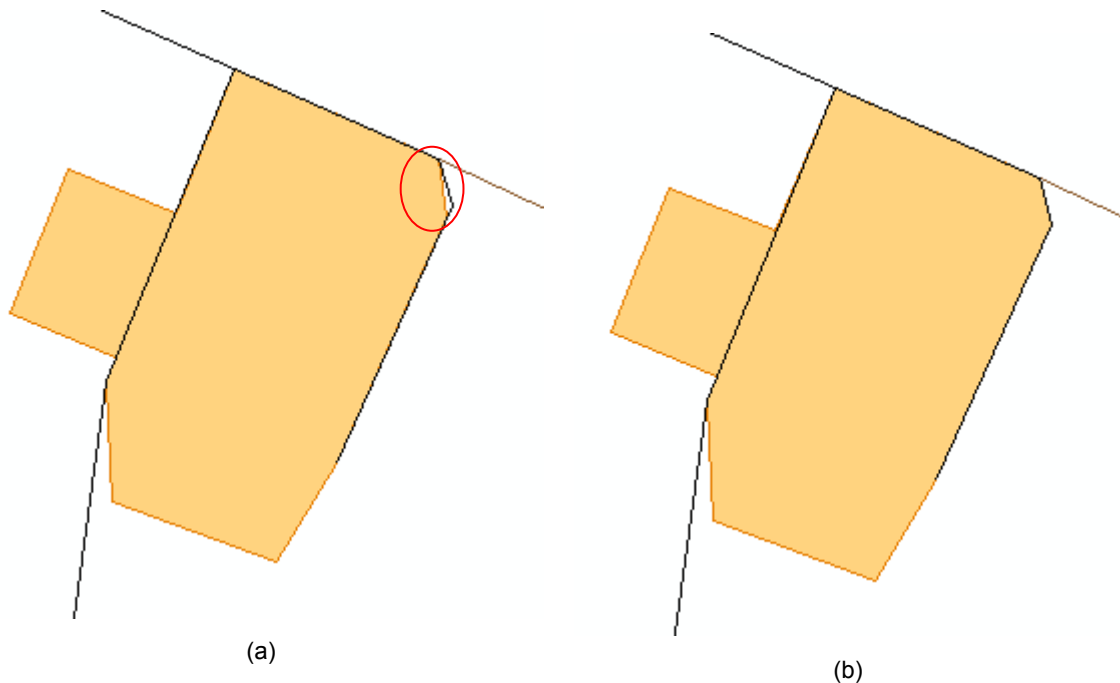


(c)

FONTE: A autora (2014).

LEGENDA: a) Edificação comercial com problema de edição
 b) Identificação do vértice adicional
 c) Edificação comercial corrigida

FIGURA 20 – RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS DE EDIÇÃO DA CLASSE LIMITES DE PROPRIEDADE



FONTE: A autora (2014).

LEGENDA: a) Limite de propriedade com problema de edição
b) Limite de propriedade corrigido

Os problemas de edição exemplificados acima podem influenciar a detecção das condições geométricas. Caso a linha do 'limite de propriedade' não coincida com a edificação representada, como ilustrado acima, o sistema especialista pode indicar que esta edificação apresenta problema de legibilidade. Quando o polígono apresenta vértices adicionais que não pertencem à edificação, o sistema especialista pode indicar que tais pontos contribuem para o problema de imperceptibilidade. Devido a tais fatores, a edição das cartas topográficas deve ser realizada antes da aplicação do sistema especialista.

3.3. MÉTODO

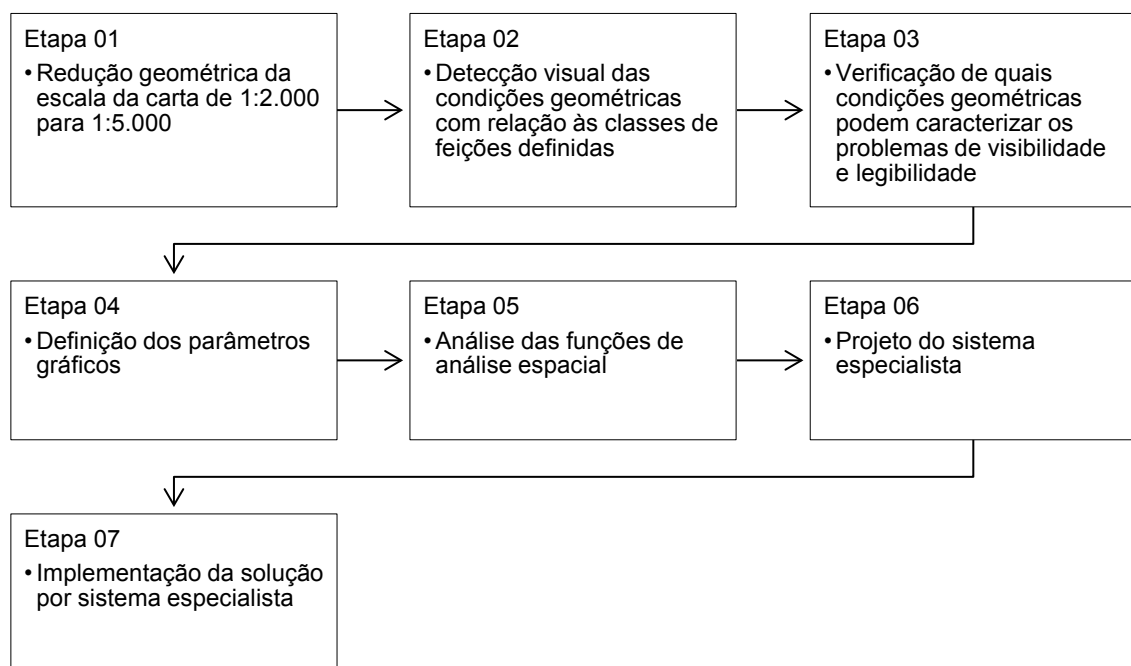
O esquema da metodologia desenvolvida para este trabalho é apresentado na Figura 21. As classes de feições a serem analisadas com relação aos problemas

de visibilidade e legibilidade são as seguintes: edificações, limites de propriedades e vias. A base cartográfica digital urbana apresenta diversas informações cartográficas, como altimetria, hidrografia, vegetação e sistema viário. Optou-se por realizar o estudo dos problemas de representação para as feições acima mencionadas, em virtude da necessidade das cartas derivadas atenderem aos seguintes projetos desenvolvidos pelo PARANACIDADE que auxiliam no planejamento urbano:

- Planta Genérica de Valores Imobiliários,
- Cadastro Técnico Imobiliário Urbano,
- Infraestrutura Urbana, e
- Pavimentação Pública.

Estes documentos cartográficos devem apresentar os imóveis das áreas urbanas, as quadras, o loteamento do município e o sistema viário.

FIGURA 21 – ETAPAS DA METODOLOGIA



FONTE: A autora (2014).

3.3.1. Redução Geométrica da Escala da Carta

A escala das cartas topográficas foi reduzida de 1:2.000 para 1:5.000 com o auxílio do *software* ArcGIS 10, sem que as feições sofressem alguma alteração na sua representação. Esta etapa consiste da alteração da escala na barra de ferramentas do programa. A Figura 22 apresenta uma parte da carta de Campo Largo na escala original 1:2.000 (a) e a correspondente parte na escala reduzida 1:5.000 (b).

FIGURA 22 – RECORTE DA CARTA DE CAMPO LARGO



FONTE: A autora (2014).

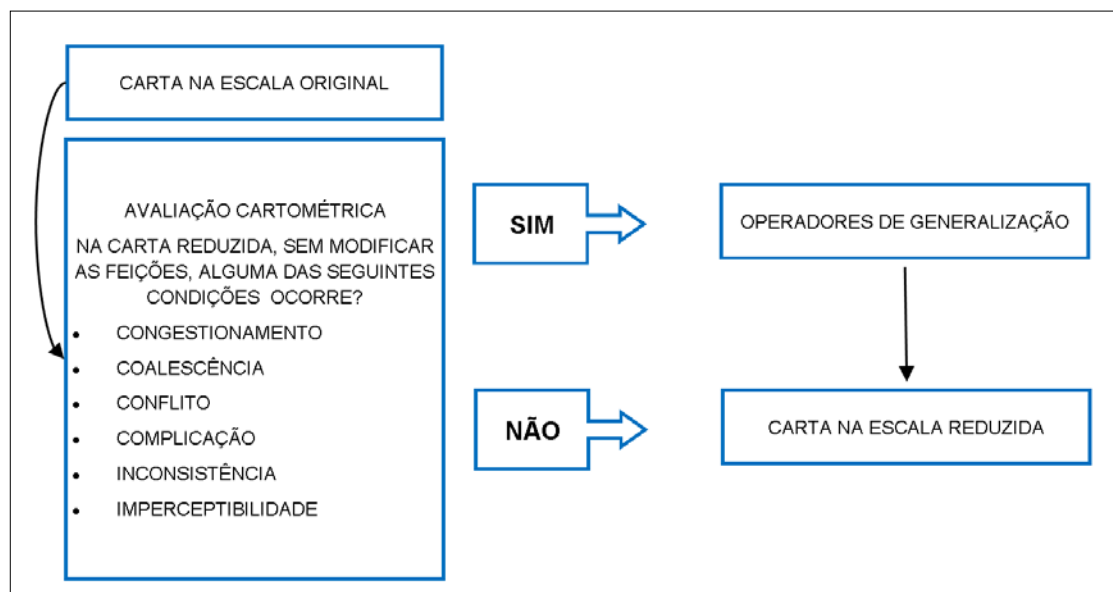
LEGENDA: a) Escala 1:2.000

b) Escala 1:5.000

A redução geométrica foi necessária para a realização da avaliação cartométrica. Esta foi realizada com base no modelo conceitual de McMASTER & SHEA (1992) (FIGURA 13), e consistiu na detecção visual das condições geométricas, como congestionamento e conflito, com relação às classes de feições definidas e

auxiliou na identificação e definição dos parâmetros gráficos (valores mínimos) específicos para cada feição e condição. A identificação de uma ou mais condições geométricas indica a necessidade de se realizar a generalização cartográfica.

FIGURA 23 – CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS QUE DEMANDAM GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA



FONTE: Adaptado de Firkowski (2002).

3.3.2. Detecção Visual das Condições Geométricas

Para a detecção visual dos problemas de representação analisou-se, em meio digital, as cartas reduzidas para a identificação prévia de situações que interferem na leitura das cartas. Após a localização destas, foram delimitadas áreas de estudo em cada carta com o auxílio do *software* ArcGIS para folhas em formato A4. Recortes destas regiões que apresentam problemas de visibilidade e legibilidade foram impressos e estudados (APÊNDICES 1 a 4). A necessidade de analisar as cartas reduzidas impressas decorre do fato de que os parâmetros definidos por Taura (2007) corresponderem a valores obtidos em cartas impressas.

Na Figura 24 ilustra-se um recorte de uma área de estudo da carta do município de Campo Largo. Nela pode-se exemplificar os problemas de legibilidade nas regiões 1 e 2. No exemplo 1 nota-se uma alta densidade de edificações e há uma proximidade excessiva entre elas. Pode-se ver a linha limitante de cada edificação,

mas como a distância entre elas é menor que valor mínimo isto pode condicionar o usuário a visualizar apenas uma edificação, pois o espaço entre elas não é visível. O exemplo 2 se refere à dificuldade de se visualizar e identificar claramente os detalhes da edificação comercial devido ao tamanho destes. O problema de visibilidade está ilustrado nas áreas indicadas pelos números 3 e 4. A percepção das duas edificações no exemplo 3 está prejudicada pelo tamanho destas feições. Há duas edificações representadas na região número 4, no entanto, devido ao tamanho de uma delas e a proximidade entre elas, a edificação menor não é visível.

FIGURA 24 – IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO NA CARTA DE CAMPO LARGO



FONTE: A autora (2014).

3.3.3. Verificação de quais Condições Geométricas Caracterizaram os Problemas de Representação

As áreas de estudo definidas apresentaram as condições geométricas de congestionamento, de coalescência e de imperceptibilidade. Tendo conhecimento destas condições conforme descritas por McMaster & Shea (1992), Nalini (2005) e Taura (2007) relacionaram-se estas com os problemas de visibilidade e legibilidade.

Pode-se afirmar que o congestionamento e a coalescência se relacionam à dificuldade de identificar feições individuais devido à proximidade ou sobreposição destas. Portanto, o problema de legibilidade pode ser caracterizado em função destas condições. Pode-se afirmar que sempre que houver a coalescência de feições, haverá congestionamento e, por consequência, problemas de legibilidade.

A imperceptibilidade diz respeito à perceptibilidade de detalhes nas áreas dos polígonos e na identificação de feições únicas. Assim, caracteriza o problema de visibilidade. O QUADRO 8, referente à terceira etapa da metodologia, mostra a associação dos problemas de representação com as condições geométricas detectadas nas áreas de estudo.

QUADRO 8 – PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO E CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS

PROBLEMAS	CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS
Visibilidade	Imperceptibilidade
Legibilidade	Congestionamento
	Coalescência

FONTE: A autora (2014).

A caracterização dos problemas de representação em função das condições geométricas detectadas na etapa anterior é necessária para que seja possível definir os parâmetros gráficos. Assim, pode-se formalizar os critérios para realizar a generalização fundamentados nestes problemas.

3.3.4. Definição dos parâmetros gráficos

A definição dos parâmetros gráficos, quarta etapa da metodologia, consistiu na caracterização destas medidas geométricas com base nas recomendações encontradas em trabalhos de generalização cartográfica para áreas urbanas. Tais parâmetros foram empregados na verificação dos problemas de visibilidade e legibilidade.

A imperceptibilidade é relacionada aos tamanhos mínimos das feições e dos detalhes nas áreas dos polígonos, e à espessura das linhas, enquanto o congestionamento e a coalescência são caracterizados pela distância entre feições lineares, entre feições lineares e de área. As condições geométricas detectadas e seus parâmetros gráficos correspondentes encontram-se listados no QUADRO 9.

QUADRO 9 – CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS E PARÂMETROS GRÁFICOS










CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS	PARÂMETROS GRÁFICOS
Imperceptibilidade	Tamanho mínimo das feições Tamanho dos detalhes das áreas dos polígonos Espessura das linhas
Congestionamento Coalescência	Espaçamento entre áreas e linhas Espaçamento entre áreas

FONTE: A autora (2014).

A SSC (2002) apresenta recomendações de como generalizar as diversas feições presentes em uma carta topográfica. Não menciona, no entanto quais operadores aplicar em cada caso, mas os parâmetros gráficos para manter a visibilidade das feições são indicados (QUADRO 10). Nesta publicação há a proposição de uma ordem lógica para realizar o processo de generalização. Com estas informações é possível se ter entendimento de quais operadores são necessários nas diferentes circunstâncias encontradas.

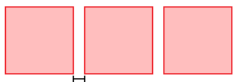
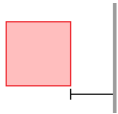




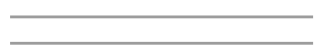
No QUADRO 11 apresentam-se os parâmetros gráficos mais apropriados para as feições de estudo deste trabalho conforme recomendados por Regnauld (2011), SSC (2002) e Taura (2007). Os parâmetros gráficos sugeridos por Taura (2007) são baseados em testes de percepção visual, enquanto os valores propostos pela SSC (2002) devem ser empregados para símbolos pretos isolados. A SSC ainda adverte que para símbolos coloridos e quando estes concorrem com outros objetos, os valores devem ser aumentados, devido ao contraste. Deste modo, para a detecção das condições geométricas foram utilizados os maiores valores, destacados em negrito no QUADRO 11.

QUADRO 10 – DIMENSÕES MÍNIMAS RECOMENDADAS PELA SSC

SÍMBOLO	TAMANHO MÍNIMO (mm)	ESPESSURA DA LINHA (mm)	ESPAÇAMENTO MÍNIMO (mm)	DETALHE
	0,70	0,08	-	Quadrado vazado
	0,35	-	-	Quadrado sólido
	-	0,08	-	Linha contínua
	-	0,08	0,25	Linhas contínuas paralelas
	-	-	0,20	Espaçamento entre áreas
	0,25	-	-	Áreas com detalhes no polígono
	0,40	-	-	Áreas com detalhes internos
	0,08	0,08	-	Áreas com preenchimento sólido
	1,00	0,08	-	Áreas com preenchimento de textura

FONTE: Adaptado de SSC (2002).

QUADRO 11 – PARÂMETROS GRÁFICOS RECOMENDADOS PELO IGN, SSC E TAURA

SÍMBOLO	DETALHE	TAMANHO MÍNIMO (mm)		
		IGN (2011)	SSC (2002)	TAURA (2007)
	Espaçamento entre áreas	0,15	0,20	0,25
	Espaçamento entre áreas e linha	-	0,20	0,25
	Detalhes da forma	0,30	0,25	0,30
	Quadrado sólido (lado)	0,5	0,35	0,30
	Quadrado vazado (lado)	-	0,70	0,50
	Linha contínua	0,50	0,80	0,20
	Espaçamento entre linhas	-	0,25	0,20

FONTE: A autora (2014).

3.3.5. Análise das Funções de Análises Espaciais

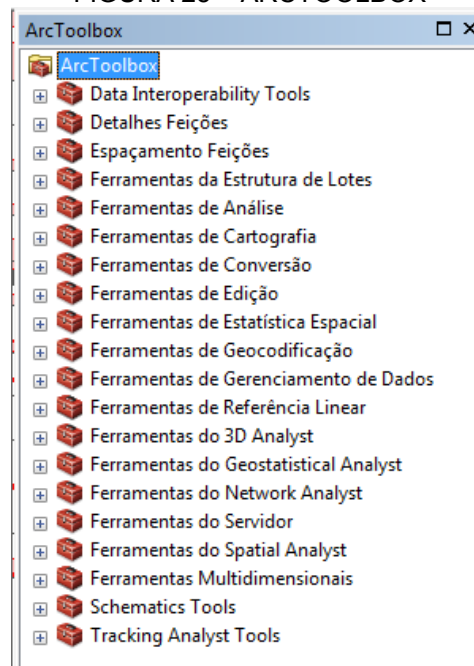
A análise das funções de análise espacial disponíveis no *software* ArcGIS teve como objetivo encontrar ferramentas que possam ser empregadas no desenvolvimento do sistema especialista e a aplicação destas deve confirmar que os parâmetros gráficos identificados na etapa anterior podem ser empregados na detecção das condições geométricas. Há ferramentas para dados matriciais e vetoriais. Como as cartas topográficas urbanas são compostas por dados vetoriais, somente as funções que tratam destes dados foram verificadas e utilizadas.

As ferramentas estão organizadas em categorias segundo sua funcionalidade e os nomes destas podem auxiliar a identificar quais devem ser utilizadas para

detectar as condições geométricas. Todas as ferramentas do ArcGIS podem ser localizadas no ArcToolbox, apresentado na Figura 25, um aplicativo do ArcGIS cujo objetivo é facilitar o acesso e a organização das ferramentas. Cada item no ArcToolbox corresponde a uma categoria de ferramentas. Há 20 categorias apresentadas na Figura 25. Em cada categoria, estão anexadas subcategorias. Estas contribuem para a localização da ferramenta anelada pelo usuário, pois a sua nomenclatura fornece subsídio para o objetivo da aplicação da ferramenta.

Todas estas categorias foram analisadas em busca de ferramentas que tratem dados vetoriais. Identificadas estas categorias, suas funções foram estudadas, uma por uma, para verificação de quais podem ser utilizadas para detectar os problemas de representação e quais devem ser empregadas em conjunto com outras para otimizar esta detecção. Isto foi feito com base na descrição da ferramenta, disponível na interface da mesma.

FIGURA 25 – ARCTOOLBOX



FONTE: A autora (2014).

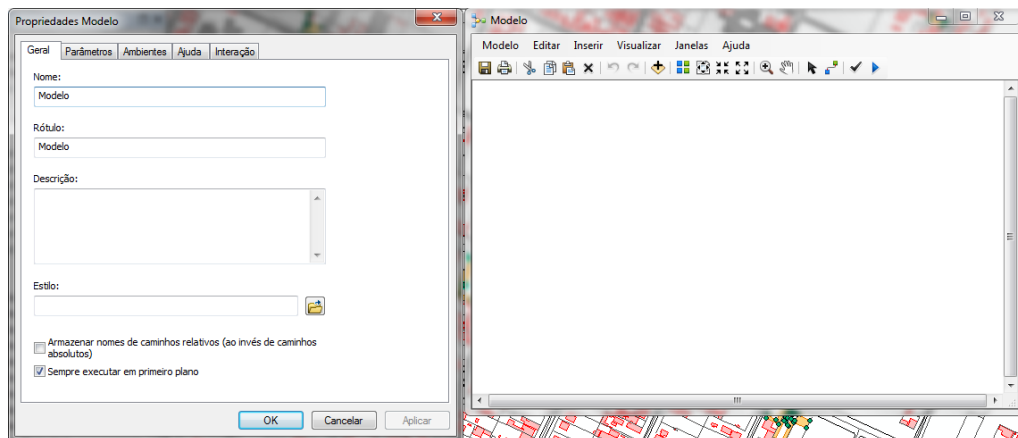
O conhecimento de quais ferramentas estão disponíveis e podem ser aplicadas nas cartas topográficas para a detecção dos problemas de representação deve ser considerado ao desenvolver novos sistemas especialistas em que outros dados vetoriais são analisados.

3.3.6. Projeto do Sistema Especialista

O projeto deste sistema foi desenvolvido utilizando o aplicativo do ArcGIS, *ModelBuilder*. Este permite que tarefas passem a ser examinadas como regras específicas que encadeiam em sequência as ferramentas já disponibilizadas pelo ArcGIS ou as criadas especificamente segundo a necessidade do usuário. O *ModelBuilder* pode representar o modelo mental do usuário através do uso de tecnologias interativas.

Um novo arquivo criado no *ModelBuilder* é chamado de modelo. Em vista disso, o sistema especialista desenvolvido neste trabalho é também denominado de modelo especialista. A cada modelo criado suas configurações devem ser alteradas antes que as feições e as ferramentas sejam inseridas. A Figura 26 ilustra a interface de *Propriedades* e a interface inicial de um novo modelo.

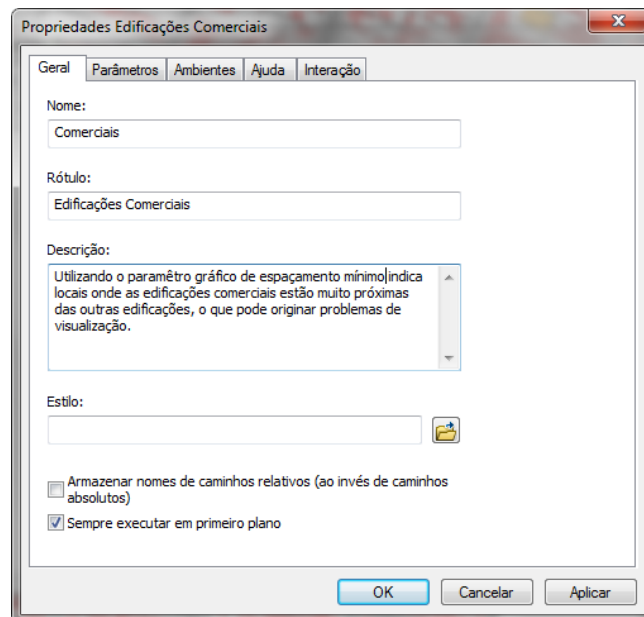
FIGURA 26 – JANELA PROPRIEDADES E TELA INICIAL DE UM NOVO MODELO



FONTE: A autora (2014).

Recomenda-se nomear o modelo de acordo com a classe de feição que será analisada e inserir informações necessárias no item *Descrição* (FIGURA 27). Isto favorece a localização do modelo especialista segundo o desejo do usuário e, ainda, a identificação de qual o valor e parâmetro gráfico foi utilizado.

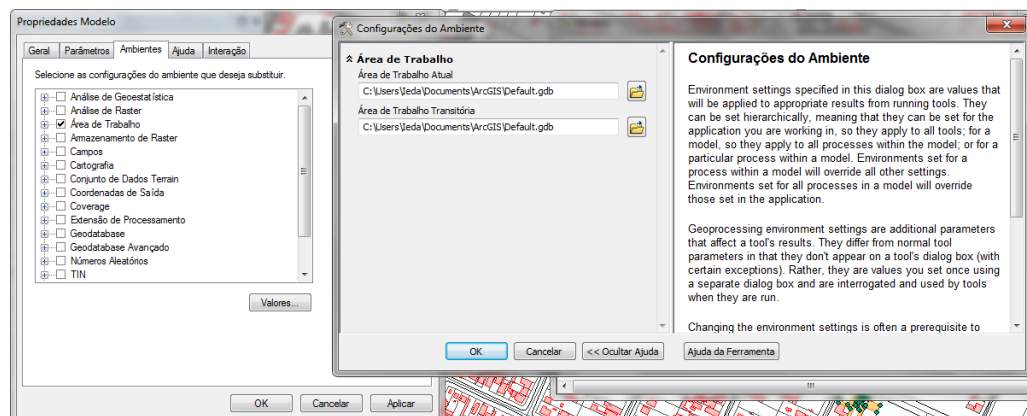
FIGURA 27 – EXEMPLO DE NOME E DESCRIÇÃO DE UM MODELO



FONTE: A autora (2014).

É necessário alterar as configurações da área de trabalho, o que significa indicar corretamente em qual diretório os arquivos a serem criados devem ser salvos (FIGURA 28). Isto é feito no item *Ambiente* da interface de *Propriedades do Modelo*. Caso tal indicação não for feita, todos os novos arquivos serão salvos em um diretório pré-determinado pelo *software* (*Default*), o qual pode ser desconhecido do usuário. Como consequência, a localização e visualização destes arquivos pode ser prejudicada.


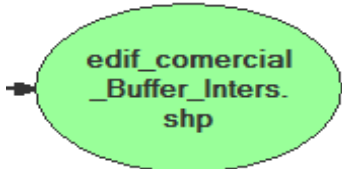


FIGURA 28 – JANELA DE CONFIGURAÇÕES DO AMBIENTE



FONTE: A autora (2014).

Após a realização das alterações necessárias, podem-se inserir as feições e as ferramentas desejadas. No QUADRO 12 apresentam-se os componentes do sistema especialista e sua respectiva representação no *ModelBuilder*.

QUADRO 12 – COMPONENTES DO SISTEMA ESPECIALISTANO MODELBUILDER

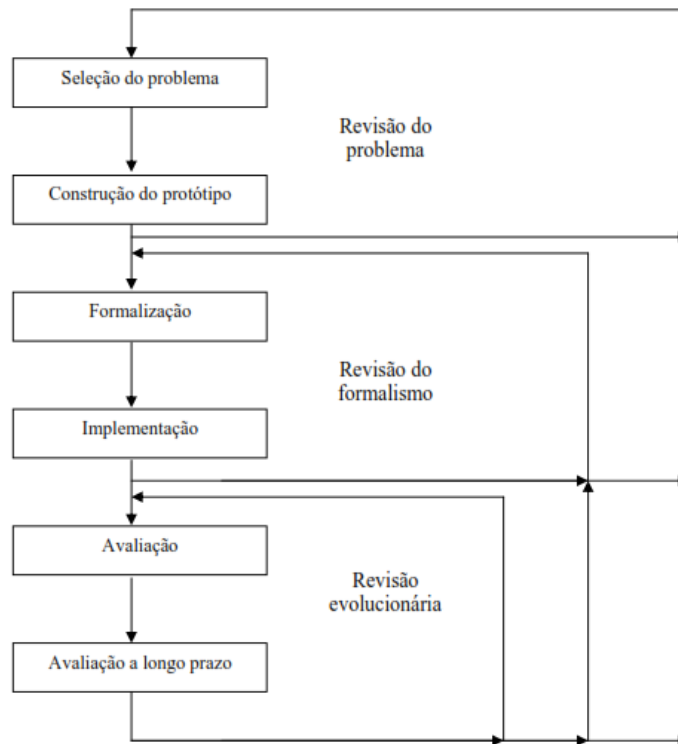
MODELBUILDER	SIGNIFICADO
	Feição original
	Feição resultante
	Ferramenta
	Parâmetro gráfico

FONTE: A autora (2014).

Para o projeto do sistema especialista baseado em regras de decisão, foram consideradas as condições geométricas detectadas, os parâmetros gráficos, as ferramentas de análise espacial necessárias para a detecção. A Figura 29 ilustra um modelo geral iterativo e interativo sugerido por Rolston (1988) de um sistema especialista. Este modelo se inicia com a seleção do problema, que deve ser feita com base no domínio para qual o sistema deve ser construído. Para isto, deve-se avaliar os aspectos da detecção das condições geométricas quanto à formalização existente e a subjetividade. Após a seleção do problema, o passo seguinte é a formalização.

Para este trabalho, a formalização consistiu na caracterização das condições geométricas através dos parâmetros gráficos, do relacionamento desses com as feições de interesse e das ferramentas de análise espacial disponíveis.

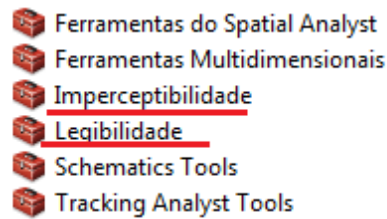
FIGURA 29 – MODELO DE CICLO DE VIDA DESENVOLVIDO PARA SISTEMAS ESPECIALISTAS



FONTE: Adaptado de ROLSTON (1988).

O objetivo com este estudo é a detecção de condições geométricas que demandam generalização, por isso os modelos implementados devem indicar quais feições apresentam problemas de representação. As feições de área e lineares foram analisadas em um mesmo modelo. Não há necessidade de criar um novo modelo para analisar as feições lineares separadamente, uma vez que as mesmas análises foram realizadas quando uma classe de edificação foi estudada. Há nove classes de edificações e para cada classe foi criado um modelo para detecção do congestionamento e da coalescência, pois os parâmetros são iguais, e outro modelo para a identificação da condição de imperceptibilidade. Assim, há dois modelos para cada classe de edificação. Foram criadas duas novas categorias no ArcToolbox: 'Legibilidade' e 'Imperceptibilidade' (FIGURA 30), que detectam a coalescência e o congestionamento, respectivamente. Cada modelo é criado dentro da sua respectiva categoria.

FIGURA 30 – CATEGORIAS CRIADAS

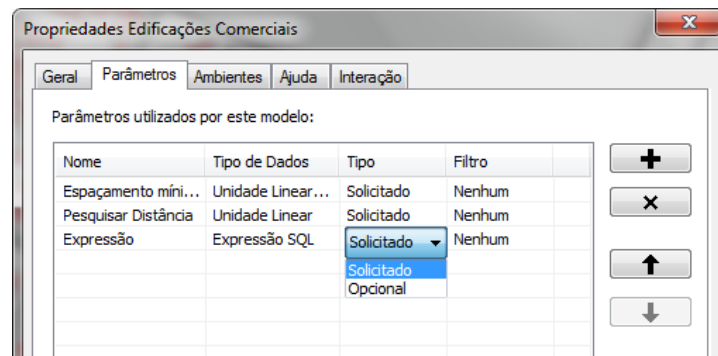


FONTE: A autora (2014).

Os modelos implementados possibilitam que o usuário, caso desejar e tenha conhecimento suficiente, determine o valor do parâmetro gráfico, pois quando um componente do modelo é definido como parâmetro a interface permite que o valor pré-determinado seja alterado. A Figura 31 ilustra as os parâmetros empregados em um determinado modelo e apresenta o tipo do parâmetro utilizado: solicitado, quando o usuário é obrigado a fornecer algum valor, e opcional, quando há função pode ser aplicada sem parâmetro algum.

Cada modelo especialista apresenta novos arquivos como resultados, de acordo com as características das condições geométricas identificadas. Para as condições de congestionamento e coalescência, em que os parâmetros de espaçamento entre polígonos e entre polígonos e linhas são empregados, os arquivos resultantes apresentam feições de área e lineares. Para a condição de imperceptibilidade, na qual são utilizados os parâmetros de comprimento do lado do quadrado e comprimento dos detalhes da forma, o processamento resulta em um arquivo com feições pontuais. Nesta última condição, as classes 'limites de propriedade' e 'vias' não foram analisadas, pois são feições lineares caso em que o parâmetro gráfico está relacionado à espessura das linhas e não há parâmetro gráfico definido para o espaçamento entre os pontos pertencentes à feições lineares de via ou de um limite de propriedade.

FIGURA 31 – PARÂMETROS E CONFIGURAÇÕES



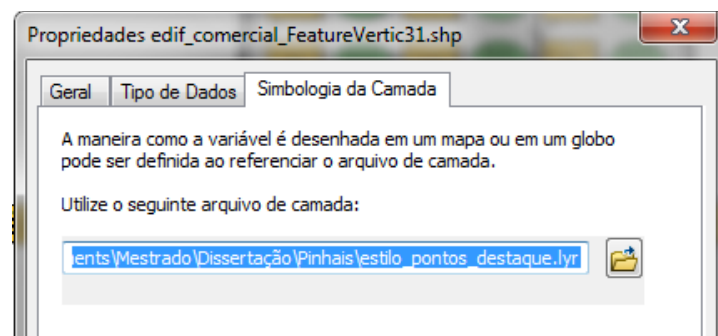
FONTE: A autora (2014).

Cada arquivo gerado pode ser automaticamente adicionado à tela de visualização. A simbologia com a qual as feições são representadas é aleatória. Para representar as feições com problemas de representação de modo que estas se destaquem da simbologia padrão empregada pelo PARANACIDADE, foram definidos os padrões abaixo:

- Feições pontuais: cor - ciano, tamanho - 8
- Feições lineares: cor - vermelha, espessura da linha - 1,5
- Feições de área: cor - preta, espessura da linha de contorno: 0,18

Para tal definição, foi indicado um arquivo de camada padrão no item *Simbologia da Camada*, nas *Propriedades* do arquivo resultante (FIGURA 32).

FIGURA 32 – DEFINIÇÃO DA SIMBOLOGIA PARA OS VÉRTICES SELECIONADOS



FONTE: A autora (2014).

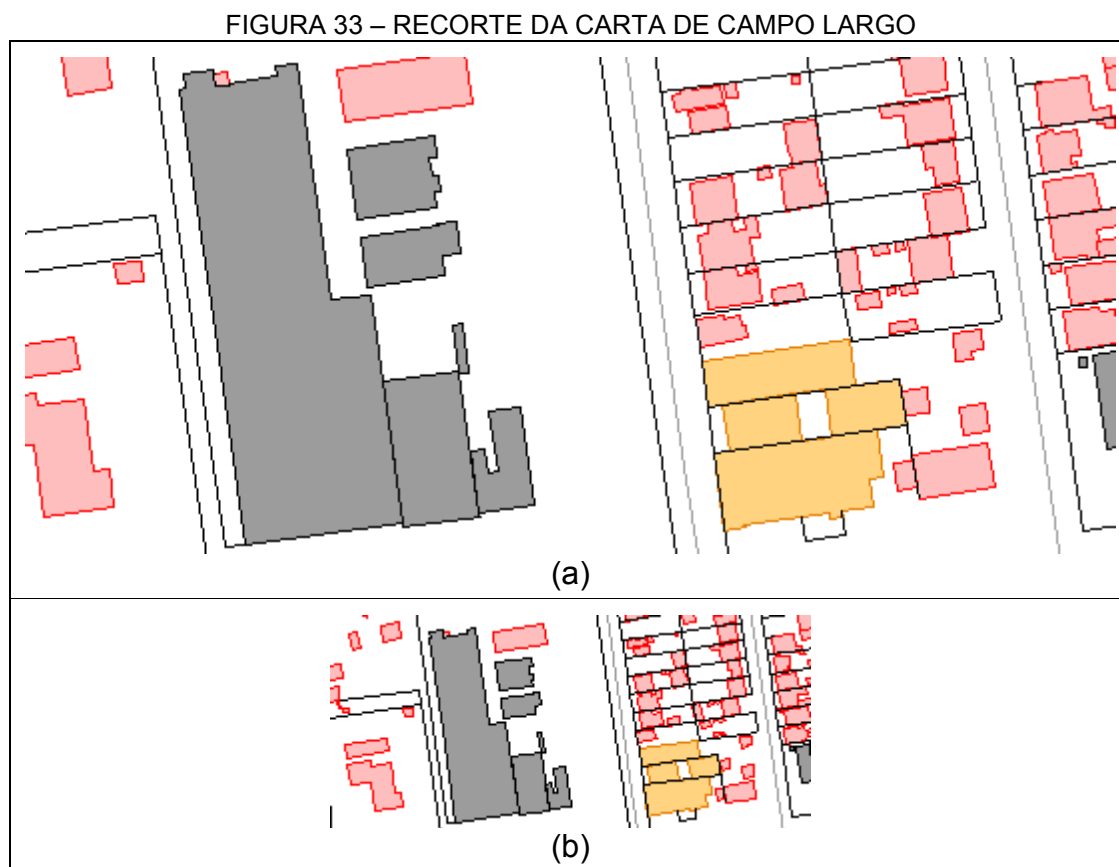
Sistemas baseados em conhecimentos requerem a criação de uma ontologia, pois esta provê a estrutura básica ao redor da qual a base de conhecimentos pode ser desenvolvida (PANTALEÃO, 2002). Ontologia refere-se à representação do conjunto de conceitos de um domínio e o relacionamento entre estes. Segundo Pantaleão (2000), uma ontologia pode ser descrita em diversas linguagens. Dado determinado domínio, sua ontologia compõem o centro de qualquer sistema de representação de conhecimento para aquele domínio. Sem ontologia, não há vocabulário para representar o conhecimento. No entanto, para o desenvolvimento deste trabalho, não houve necessidade de criar uma ontologia, visto que o vocabulário exigido para representar o conhecimento provém do próprio ArcGIS.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo apresentam-se os resultados da redução geométrica, da detecção visual das condições geométricas, da análise e aplicação das ferramentas de análise espacial, e os experimentos desenvolvidos para os modelos para a detecção das condições geométricas.

4.1. REDUÇÃO GEOMÉTRICA, DETECÇÃO VISUAL DAS CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS

A redução geométrica consiste na alteração da escala das cartas topográficas, reduzindo-a de 1:2.000 para 1:5.000. A Figura 33 apresenta um recorte da carta de Campo Largo na escala original 1:2.000 (a) e na escala reduzida 1:5.000 (b). Nota-se que a simbologia permaneceu inalterada.



FONTE: A autora (2014).
LEGENDA: a) Escala 1:2.000
b) Escala 1:5.000

A Figura 34 se refere a um recorte da carta de Pinhais na escala original, 1:2.000 (a) e na escala reduzida, 1:5.000 (b).

FIGURA 34 – RECORTE DA CARTA DE PINHAIS

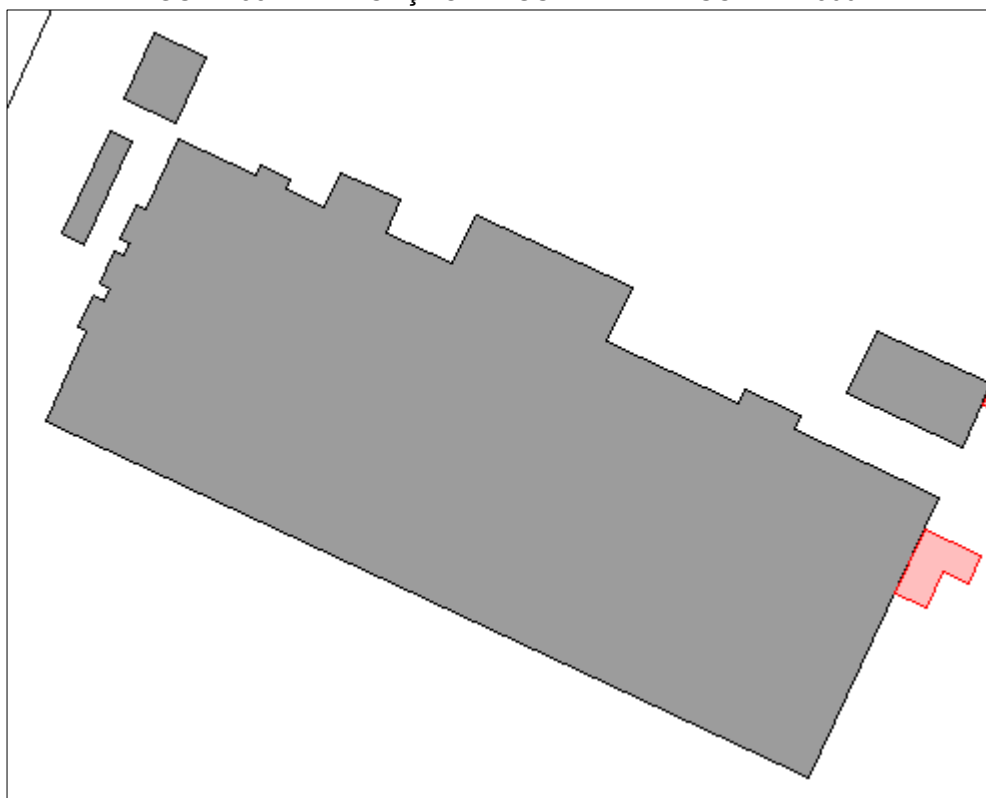


FONTE: A autora (2014).
 LEGENDA: a) Escala 1:2.000
 b) Escala 1:5.000

A redução possibilita a realização da avaliação cartométrica, a qual inclui a detecção das condições geométricas. Estas indicam a necessidade de realizar a generalização nas cartas reduzidas. Por exemplo, a distância entre duas feições residenciais diminuiu de 0,59 mm para 0,236 mm. Esta redução torna a feição

imperceptível aos olhos humanos. Pode-se citar outro exemplo, apresentado na Figura 35 em uma escala maior para que a visualização dos detalhes da edificação industrial fosse possível. Os tamanhos destes detalhes decresceram de 0,34 mm para 0,136 mm. Tal valor implica na imperceptibilidade destes detalhes.

FIGURA 35 – EDIFICAÇÃO INDUSTRIAL NA ESCALA 1:500



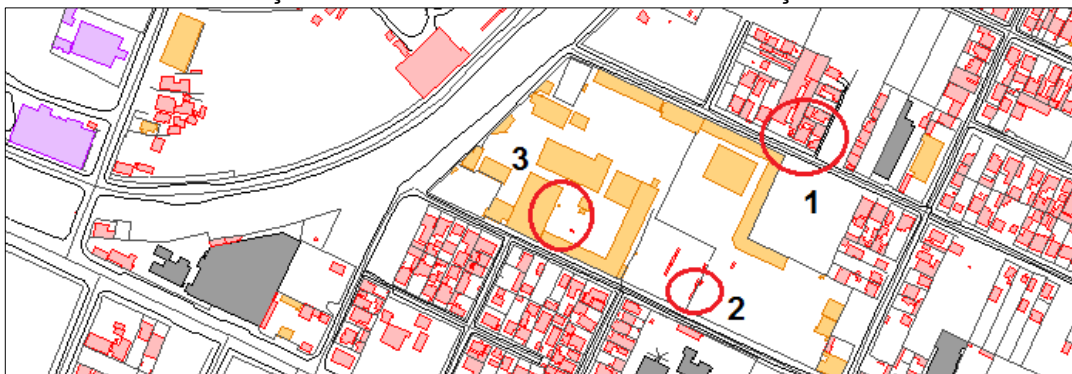
FONTE: A autora (2014).

Foram definidas quatro áreas de estudo nas cartas reduzidas, duas para cada município. Estas foram analisadas para a identificação dos problemas de visibilidade e legibilidade e posterior detecção visual de condições geométricas.

A Figura 36 apresenta os problemas de legibilidade (1 e 2) e visibilidade (3) em um recorte da carta de Pinhais na escala reduzida. No exemplo 1 há proximidade excessiva entre feições da mesma classe, não sendo possível a distinção destas, enquanto no exemplo 2 a proximidade excessiva se dá entre feições de classes diferentes, 'edificações' e 'limites de propriedade'. A imperceptibilidade está ilustrada no exemplo 3, onde há duas feições de classes diferentes que estão abaixo do tamanho mínimo visível. Devido aos problemas de edição identificados durante a

detecção visual das condições geométricas, todas as edificações foram verificadas com relação a pontos adicionais e linhas sobrepostas.

FIGURA 36 – IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO NA CARTA DE PINHAIS



FONTE: A autora (2014).

4.2. ANÁLISE DAS FUNÇÕES DE ANÁLISE ESPACIAL

As funções de análise espacial que podem ser empregadas para detectar os problemas de representação são apresentadas no QUADRO 13, de acordo com sua categoria no ArcToolbox.

QUADRO 13 – FUNÇÕES DE ANÁLISE ESPACIAL E SUA LOCALIZAÇÃO NO ARCTOOLBOX

FERRAMENTAS	CATEGORIAS	
Buffer	Proximidade	Ferramentas de Análise
Proximidade		
Distância do Ponto		

FONTE: A autora (2014).

Há outras ferramentas de análise espacial que ao serem utilizadas com as funções listadas no QUADRO 13, auxiliam na identificação dos problemas de representação (QUADRO 14). Caso sejam aplicadas como ferramentas individuais, não detectam as condições geométricas.

QUADRO 14 – FUNÇÕES DE ANÁLISE ESPACIAL ADICIONAIS

FERRAMENTAS	CATEGORIAS	
Intersecção	Sobreposição	Ferramentas de Análise
Recortar Selecionar	Extrair	

FONTE: A autora (2014).

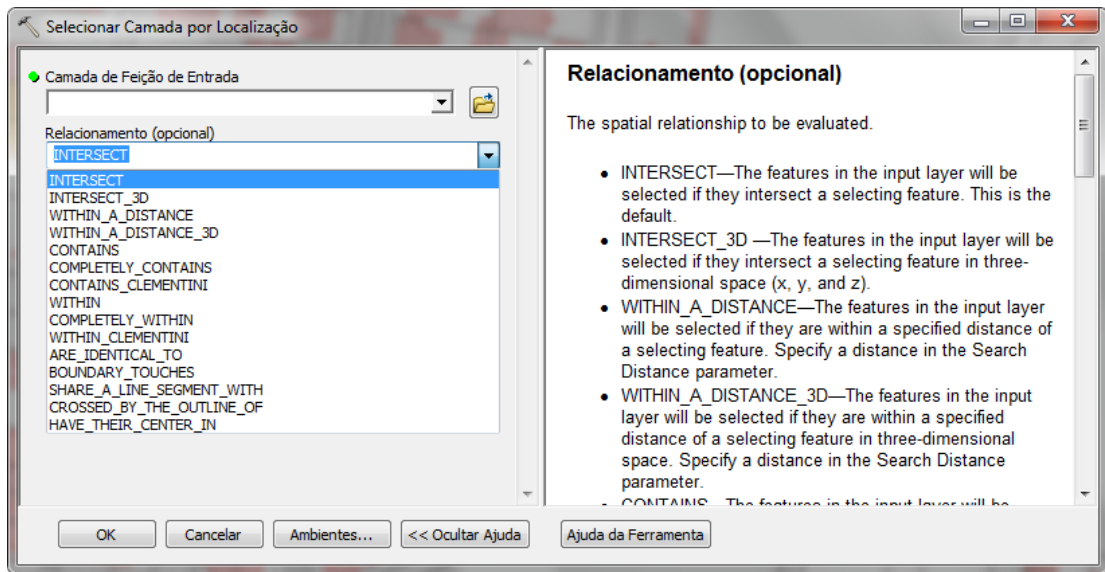
A ferramenta *Intersecção* gera uma nova camada de feição a partir da sobreposição das feições indicadas pelo usuário. A camada resultante da aplicação da função *Recortar* apresenta feições que sobrepõem os dados da camada assinalada pelo usuário. Através de uma expressão em *Structured Query Language* – SQL (Linguagem de Consulta Estruturada), a ferramenta *Selecionar* extrai feições de uma camada de feições designada pelo usuário, e como resultado, é criada uma nova camada de feições. SQL é uma linguagem padrão de pesquisa relacionada a banco de dados.

A função *Selecionar por Localização* (FIGURA 37) pode ser empregada para que as feições que apresentam problemas de legibilidade sejam selecionadas e, assim, destacadas das demais. Esta seleção é realizada com base no relacionamento espacial das feições de uma camada de interesse (camada de feição de entrada) com as outras. Para aplicar esta ferramenta de modo isolado o usuário determina qual o tipo de relacionamento deve ser utilizado para sua análise. No lado direito da interface desta ferramenta há a descrição de cada tipo de relacionamento espacial disponível e qual o resultado esperado.

Para a detecção das condições de congestionamento e coalescência, o relacionamento definido foi *within a distance*¹, que seleciona da camada de entrada as feições que estão localizadas a uma determinada distância das outras. No sistema especialista, a distância equivale ao parâmetro gráfico espaçamento entre as feições.

¹ Tradução literal: 'dentro de uma distância de'. Tradução livre: 'a uma distância de'.

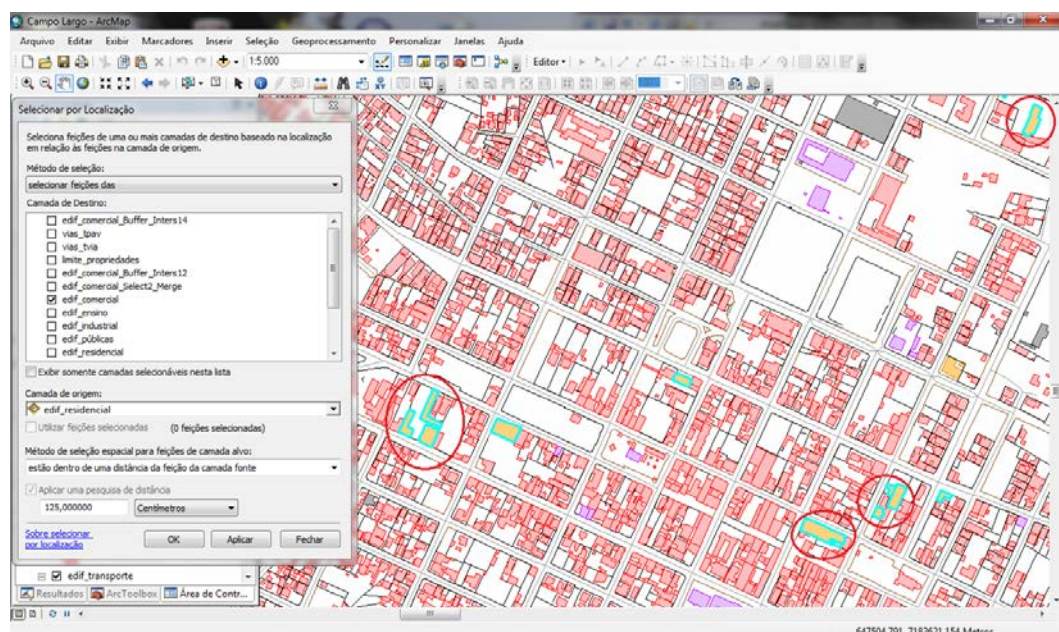
FIGURA 37 – FERRAMENTA SELEÇÃO POR LOCALIZAÇÃO



FONTE: A autora (2014).

A Figura 38 apresenta o resultado da aplicação da função *Seleção por Localização* com o relacionamento *within a distance*. A ferramenta selecionou feições da classe (ou camada) edificações comerciais, que estão dentro de uma distância mínima de 1,25m das feições da camada fonte, edificações residenciais. Foram selecionadas 22 edificações, dentre 55. O uso desta função é uma forma eficiente de localizar áreas na carta que apresentam problemas de legibilidade.

FIGURA 38 – APLICAÇÃO DA FUNÇÃO SELEÇÃO POR LOCALIZAÇÃO



FONTE: A autora (2014).

Outras ferramentas de processamento de dados vetoriais foram identificadas e utilizadas no desenvolvimento do sistema especialista. Estas estão apresentadas no QUADRO 15.

QUADRO 15 – FUNÇÕES ADICIONAIS NECESSÁRIAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA ESPECIALISTA

FERRAMENTA	DESCRIÇÃO	CATEGORIAS	
Vértices das feições para pontos	Cria uma camada de feição pontuais, gerada a partir dos vértices das feições de interesse	Feições	Ferramentas de Gerenciamento de dados
Adicionar coordenadas XY	Adiciona os valores das coordenadas (X,Y) na tabela de atributos sob os campos 'Ponto_X' e 'Ponto_Y'		
Juntar	Junta feições do mesmo tipo, originadas de outras camadas, em uma única camada.	Geral	

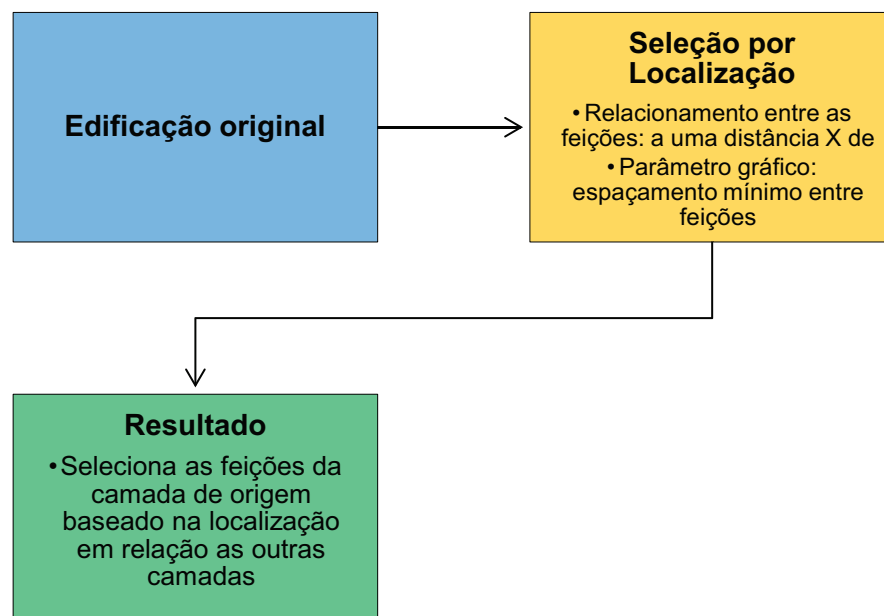
FONTE: A autora (2014).

A análise das ferramentas disponibilizadas pelo ArcGIS resultou na definição de quais funções podem ser empregadas para a detecção das condições geométricas. Pode-se afirmar que dentre as ferramentas de análise espacial, há funções que podem ser utilizadas desacompanhadas e auxiliar na localização das feições que originam as condições de congestionamento e coalescência. Para a detecção da condição de imperceptibilidade, as ferramentas de análise espacial não são suficientes. Não há uma ferramenta que calcule de modo automático a área de um polígono ou que permita medir a distância entre dois vértices e que possa ser integrada ao sistema. É necessário incluir outras ferramentas para auxiliar na detecção dos problemas de visibilidade.

4.3. MODELO ESPECIALISTA - LEGIBILIDADE

O diagrama ilustrado pela Figura 39 apresenta a sequência básica de processamento do sistema especialista desenvolvido para detectar as condições de congestionamento e coalescência. Cada retângulo é um componente do modelo. Na camada de edificações original aplicou-se a ferramenta *Seleção por Localização*, utilizando o valor do parâmetro gráfico espaçamento entre áreas e espaçamento entre áreas e linhas. Pode-se optar pelo sistema ter controle deste valor ou o usuário inserir o valor desejado.

FIGURA 39 – DIAGRAMA DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DE PROXIMIDADE EXCESSIVA ENTRE FEIÇÕES



FONTE: A autora (2014).

O resultado, porém, não gera uma nova camada, apenas seleciona as feições, representando-as com uma cor de destaque. A cada modelo processado novas feições são selecionadas, sendo que a seleção anterior é desfeita. Este fato ocasiona perda de informações para o usuário.

Para evitar tal acontecimento, foram adicionados ao modelo especialista as funções *Proximidade* e *Seleção*. A função *Proximidade* adiciona os campos *NEAR_DIST*, *NEAR_FID*, *NEAR_FC* na tabela de atributos. Tais campos indicam, respectivamente a distância entre a feição analisada e a feição mais próxima, o número de identificação da feição mais próxima e sua camada de origem. A função

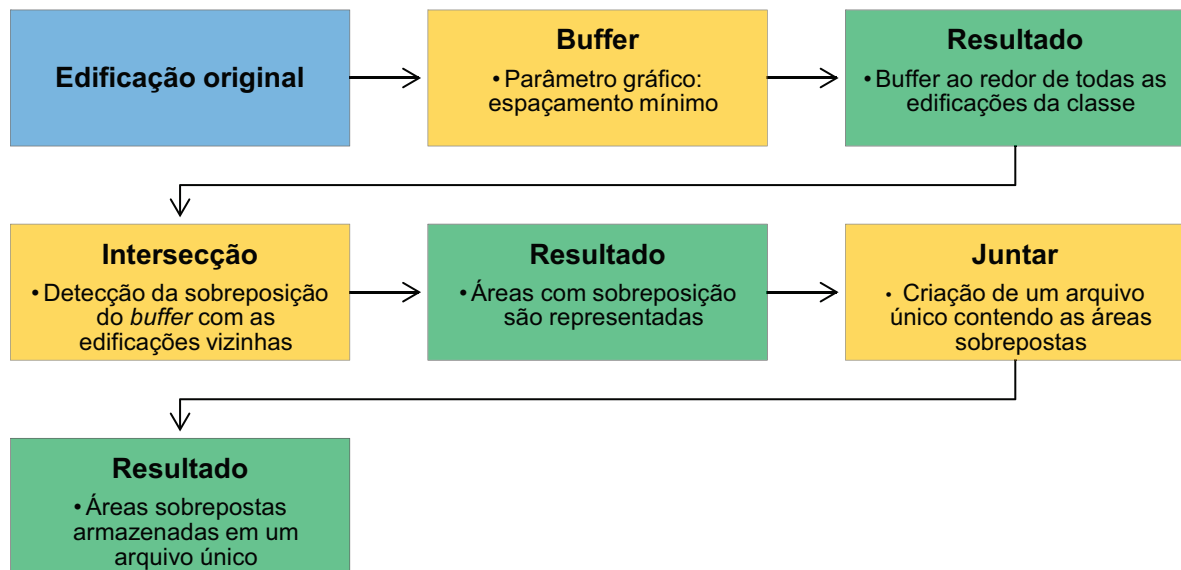
Seleção seleciona as feições que estão localizadas abaixo do valor do espaçamento mínimo através da expressão SQL abaixo.

$$'NEAR_DIST' < \text{espaçamento mínimo}$$

O valor para 'espaçamento mínimo' deve ser igual ao valor do espaçamento inserido no item *Pesquisa de Distância* da função *Seleção por Localização*, pois se trata do parâmetro gráfico referente ao problema de legibilidade. O resultado é a geração de um novo arquivo contendo as feições cujas distâncias às feições vizinhas do mesmo tipo e às vias e aos limites de propriedade está abaixo do valor mínimo.

Para tornar os sistemas mais eficientes optou-se por incluir outras funções na solução do modelo especialista, as quais são *Buffer*, *Intersecção* e *Juntar*. Estas facilitam a detecção dos problemas de visualização. Ao processar o modelo com estas funções adicionais uma nova camada é adicionada automaticamente à tela de visualização, assim, o usuário pode identificar quais são exatamente as edificações vizinhas para as quais ocorrem as condições geométricas. A Figura 40 ilustra a sequência de processamento do modelo com tais funções. O *Buffer* é aplicado na camada de dados original, enquanto as funções restantes são referentes aos resultados intermediários do processamento. *Intersecção* é empregada para detectar a sobreposição do *buffer* com as feições vizinhas. A função *Juntar* cria um arquivo único contendo todas as áreas sobrepostas. Caso esta função não seja aplicada, a cada aplicação do modelo uma nova camada de feições seria adicionada na área de trabalho.

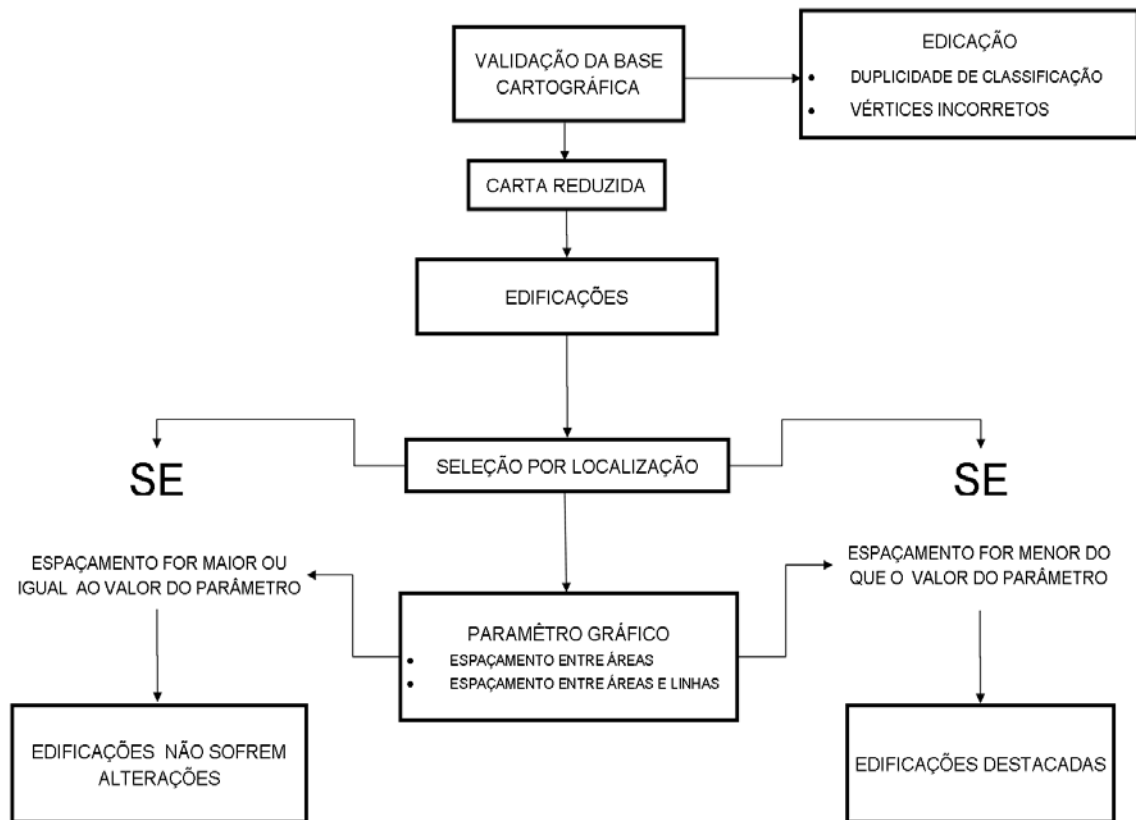
FIGURA 40 – FERRAMENTAS INTEGRANTES DO SISTEMA PARA DETECTAR PROXIMIDADE EXCESSIVA ENTRE FEIÇÕES



FONTE: A autora (2014).

A Figura 41 ilustra a árvore de decisão que representa como o modelo especialista opera para detectar as condições de congestionamento e coalescência. Cada retângulo representa uma etapa do processamento do modelo. Na carta reduzida, seleciona-se uma classe de edificações, na qual é aplicada a função *Seleção por Localização*. Caso as medidas efetuadas pela ferramenta apresentem um valor abaixo do parâmetro gráfico, as edificações são destacadas das demais, através da mudança de cor na sua representação. Caso contrário, as feições não sofrem alteração alguma.

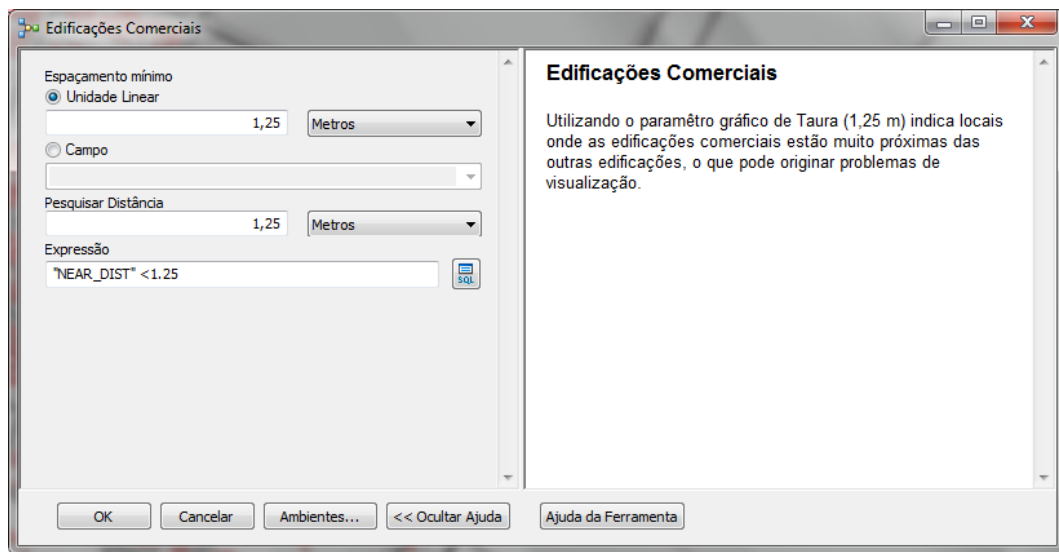
FIGURA 41 – ARVORÉ DE DECISÃO DO SISTEMA IMPLEMENTADO PARA ESPAÇAMENTO ENTRE FEIÇÕES



FONTE: A autora (2014).

Determinada a classe a ser analisada, a interface do modelo permite que o usuário altere o valor do parâmetro gráfico (FIGURA 42). O campo *Espaçamento Mínimo*, refere-se ao parâmetro do *Buffer. Pesquisar Distância* é o parâmetro vinculado à função *Seleção por Localização e Expressão*, a função *Seleção*. Todos os campos devem alterados para o mesmo valor.

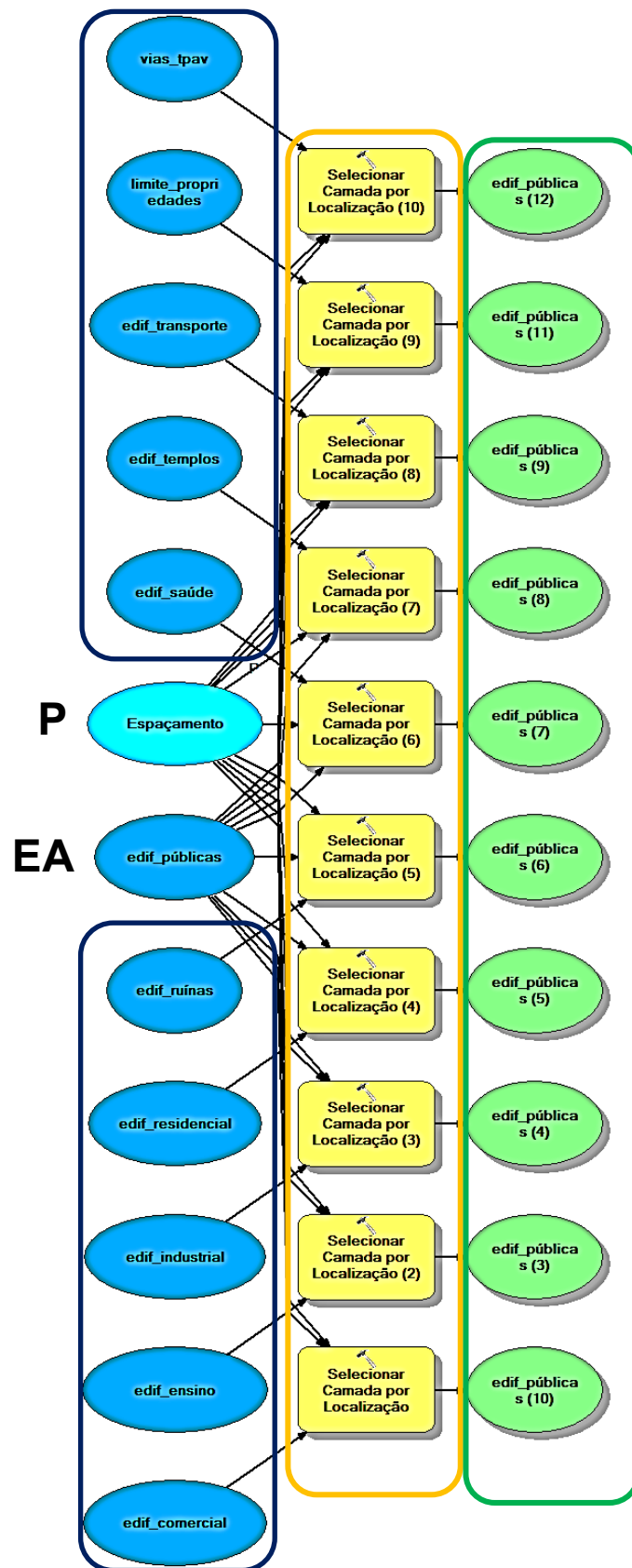
FIGURA 42 – JANELA DE INTERAÇÃO COM O USUÁRIO PARA A DETECÇÃO DE CONGESTIONAMENTO E COALESCÊNCIA



FONTE: A AUTORA (2014).

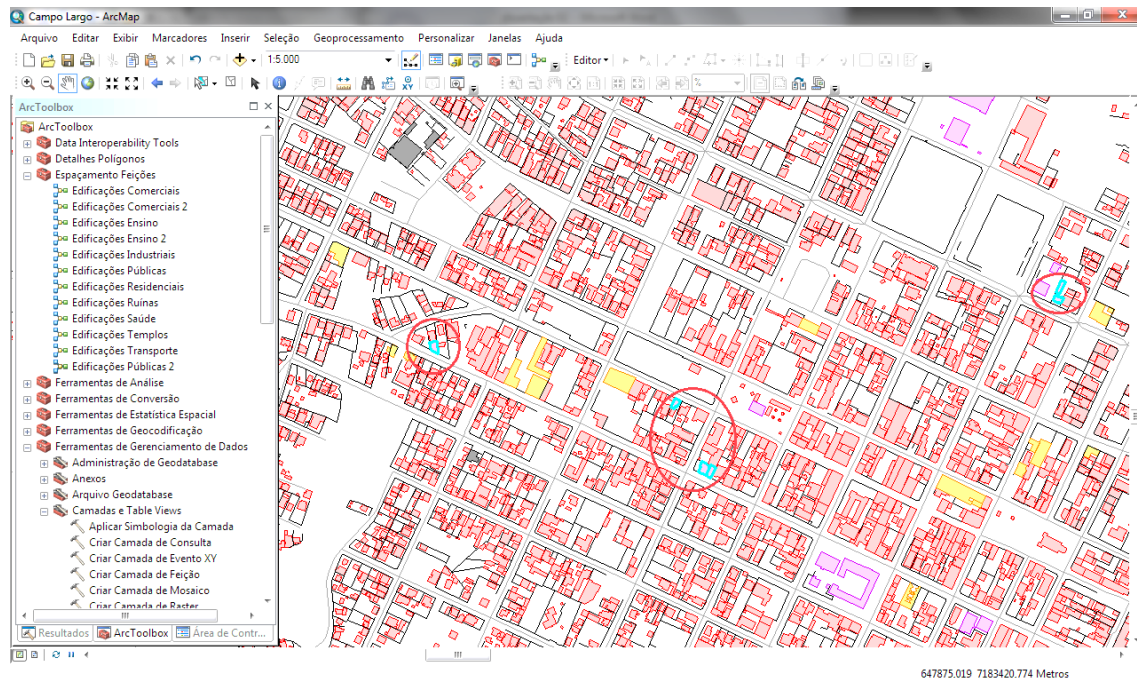
A Figura 43 abaixo ilustra o modelo especialista criado para a classe edificações públicas do município de Campo Largo, onde somente a função *Seleção por Localização* é aplicada. A elipse EA indica a classe de feição analisada, neste exemplo, a classe de edificações públicas. O parâmetro empregado está na elipse P. As Edificações públicas são analisadas em relação às classes representadas pelas elipses azuis. As elipses amarelas correspondem a aplicação da função, de acordo com o número da elipse. Os resultados do modelo são expostos nas elipses verdes. Na Figura 44 apresenta-se o resultado após o processamento, com destaque para as feições selecionadas.

FIGURA 43 – MODELO ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DO PROBLEMA DE LEGIBILIDADE EDIFICAÇÕES PÚBLICAS



FONTE: A autora (2014).

FIGURA 44 – RESULTADO DO SISTEMA PARA DETECÇÃO DE PROBLEMA DE LEGIBILIDADE PARA EDIFICAÇÕES PÚBLICAS



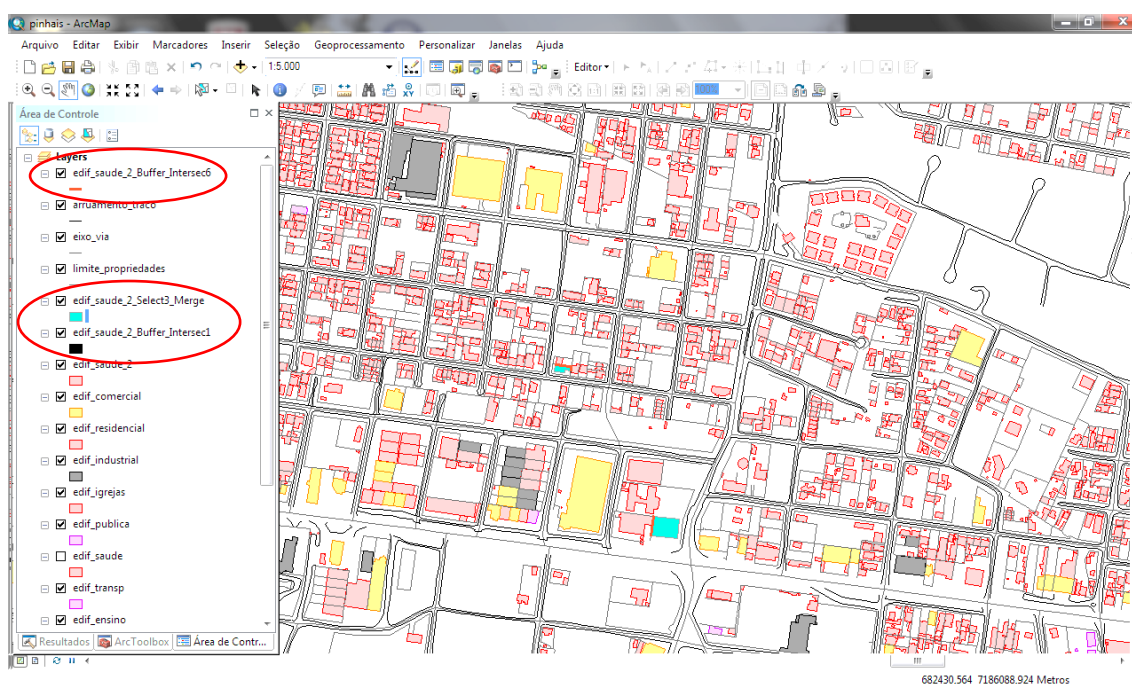
FONTE: A autora (2014)

A Figura 45 apresenta o modelo especialista implementado com as ferramentas adicionais para a classe de edificações comerciais do município de Pinhais. Nota-se que há três elementos indicados como parâmetros, *Pesquisar Distância*, para a função *Seleção por Localização*, *Espaçamento mínimo* para *Buffer*, e *Expressão*, para *Seleção*. Tais valores devem ser iguais, pois referem-se ao parâmetro gráfico de espaçamento, do contrário o sistema pode indicar erroneamente alguma edificação. O modelo primeiro aplica a função *Proximidade*, em seguida as funções *Seleção por Localização* e *Seleção*, *Buffer* e a de *Intersecção*, nesta sequência. Os novos dados são salvos em um mesmo arquivo, através da aplicação da função *Juntar*, a qual finaliza o processamento.

Os resultados são salvos e adicionados automaticamente à tela de visualização em três novos arquivos: feições de edificações selecionadas devido à proximidade, feições de áreas indicando a sobreposição do *buffer* com feições vizinhas e feições lineares que são originadas pela sobreposição do *buffer* com os limites de propriedades e vias.

O resultado deste modelo é apresentado na Figura 46, com destaque para as classes criadas (círculo vermelho). As edificações que apresentam problemas estão representadas com a cor ciano, a sobreposição do *Buffer* com as feições vizinhas, está representada pela cor preta e as linhas da classe limites de propriedade, pela cor vermelha, conforme simbologia estabelecida na metodologia para destacar tais feições na carta topográfica.

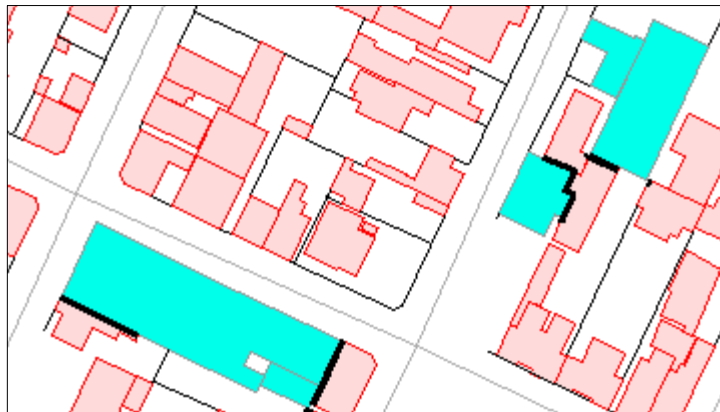
FIGURA 46 – RESULTADO DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DE PROBLEMAS DE LEGIBILIDADE PARA EDIFICAÇÕES DE SAÚDE



FONTE: A autora (2014).

A Figura 47 apresenta um recorte da carta de Campo Largo na escala 1:2.000 para facilitar a visualização e identificação de quais feições vizinhas as edificações comerciais originam as condições de congestionamento e de coalescência.

FIGURA 47 – RESULTADO DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DE PROBLEMAS DE LEGIBILIDADE PARA EDIFICAÇÕES COMERCIAIS NA ESCALA 1:2.000



FONTE: A autora (2014).

Após o processamento do sistema e a análise dos resultados, problemas foram detectados na base topográfica de Pinhais. Em muitas feições há duplicidade de classificação. Por exemplo: uma edificação pública, Correios, também está representada como edificação comercial. Como consequência, o resultado da sobreposição do *Buffer* nas edificações comerciais com as edificações públicas é a própria feição, como mostra a Figura 48.

FIGURA 48 – RESULTADO DO SISTEMA ESPECIALISTA QUANDO A MESMA FEIÇÃO ESTÁ REPRESENTADA EM MAIS DE UMA CLASSE



FONTE: A autora (2014).

A Figura 49 está na escala 1:1.000 para facilitar a visualização. As linhas vermelhas indicam que o limite de propriedade está muito próximo à feição destacada. Pode-se visualizar a sobreposição, indicada pela cor preta, do *Buffer* com a edificação

residencial vizinha, o que indica que está também a uma distância abaixo do espaçamento mínimo da edificação de saúde.

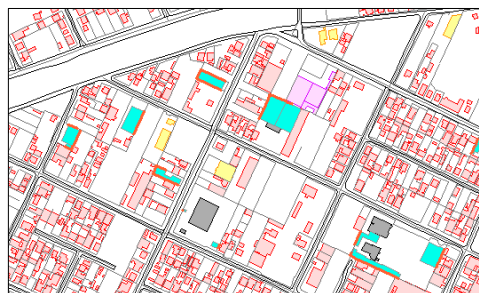
FIGURA 49 – EDIFICAÇÕES DE SAÚDE QUE APRESENTAM PROBLEMAS DE LEGIBILIDADE VISUALIZADAS NA ESCALA 1:1.000



FONTE: A autora (2014).

A Figura 50 apresenta o resultado do processamento do modelo especialista para a classe de edificações industriais. Para identificar quais feições vizinhas afetam a legibilidade, a camada referente às feições lineares foi desativada.

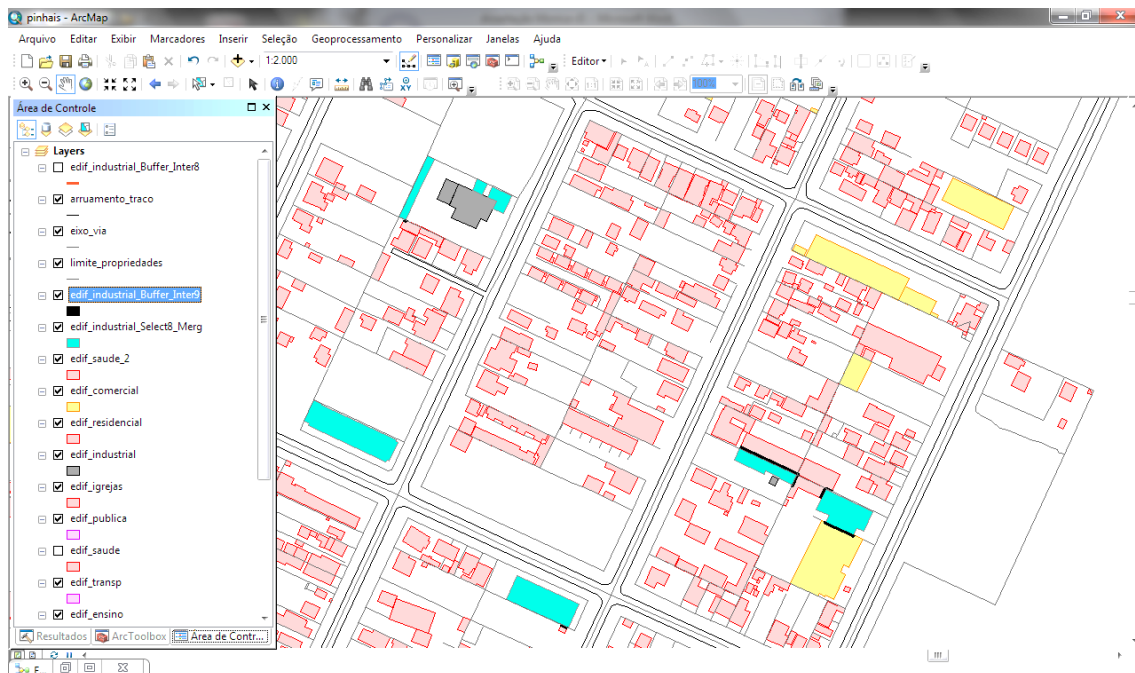
FIGURA 50 – RESULTADO DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DE PROBLEMAS DE LEGIBILIDADE PARA EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS



FONTE: A autora (2014).

A Figura 51 apresenta edificações industriais destacadas com a identificação de quais feições vizinhas estão muito próximas. A figura está na escala de visualização 1:2.000 para facilitar a identificação das condições geométricas.

FIGURA 51 – EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS E FEIÇÕES VIZINHAS QUE APRESENTAM PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO NA ESCALA 1:2.000



FONTE: A autora (2014).

Ao aumentar a escala para 1:2.000 as feições que sobrepõem ao *buffer* criado podem ser identificadas mais facilmente. Isto é ilustrado pela Figura 52.

FIGURA 52 – RESULTADO DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DE PROBLEMAS DE LEGIBILIDADE PARA EDIFICAÇÕES RELIGIOSAS NA ESCALA 1:2.000

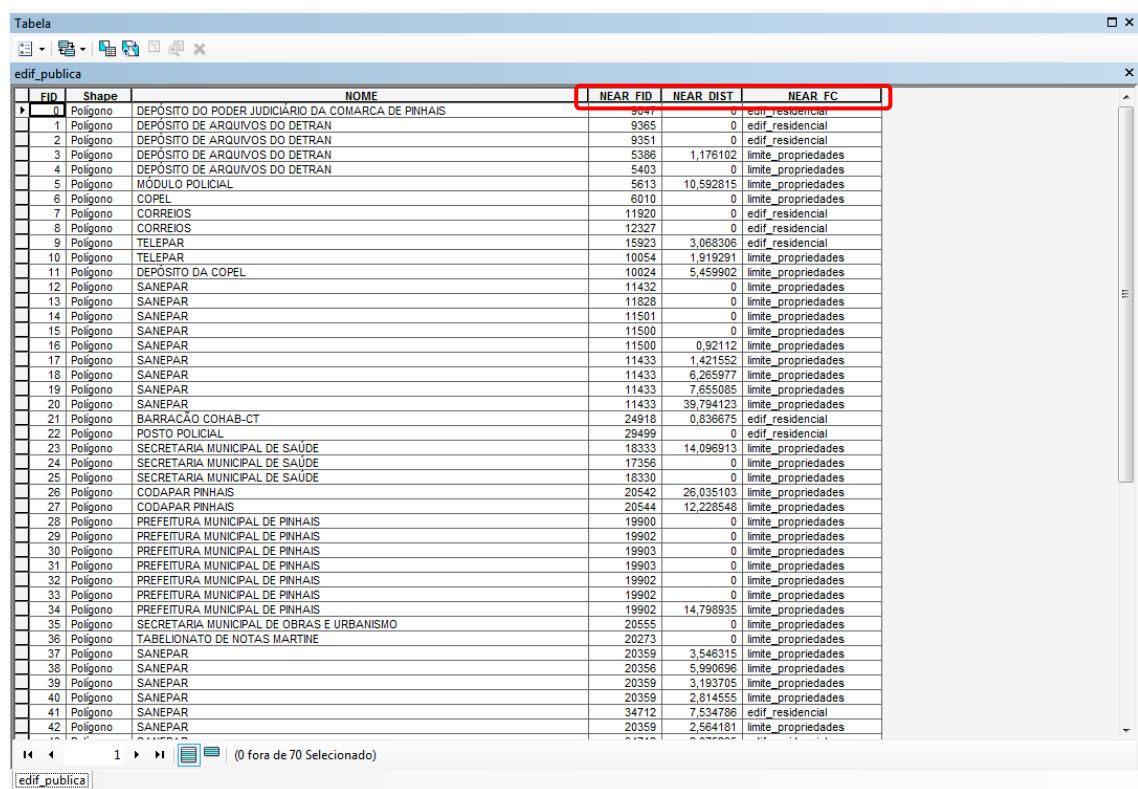


FONTE: A autora (2014).

O processamento do modelo adiciona novas informações à tabela de atributos da camada original de feições analisada. A Figura 53 ilustra um recorte da tabela de atributos da classe original de edificações comerciais. Os campos adicionados foram

NEAR_FID, *NEAR_DIST*, *NEAR_FC*. O campo *NEAR_FID* apresenta os números de identificação das feições vizinhas, FID, enquanto as distâncias entre a feições analisada e a feição mais próxima estão listadas no campo *NEAR_DIST*. No campo *NEAR_FC* é indicada à qual classe a feição vizinha pertence.

FIGURA 53 – TABELA DE ATRIBUTOS DA CLASSE EDIFICAÇÕES COMERCIAIS COM OS CAMPOS ADICIONADOS



FID	Shape	NOME	NEAR_FID	NEAR_DIST	NEAR_FC
0	Poligono	DEPÓSITO DO PODER JUDICIÁRIO DA COMARCA DE PINHAIS	9047	0	edif_residencial
1	Poligono	DEPÓSITO DE ARQUIVOS DO DETRAN	9365	0	edif_residencial
2	Poligono	DEPÓSITO DE ARQUIVOS DO DETRAN	9351	0	edif_residencial
3	Poligono	DEPÓSITO DE ARQUIVOS DO DETRAN	5386	1,176102	limite_propriedades
4	Poligono	DEPÓSITO DE ARQUIVOS DO DETRAN	5403	0	limite_propriedades
5	Poligono	MÓDULO POLICIAL	5613	10,592815	limite_propriedades
6	Poligono	COPEL	6010	0	limite_propriedades
7	Poligono	CORREIOS	11920	0	edif_residencial
8	Poligono	CORREIOS	12327	0	edif_residencial
9	Poligono	TELEPAR	15923	3,068306	edif_residencial
10	Poligono	TELEPAR	10054	1,919291	limite_propriedades
11	Poligono	DEPÓSITO DA COPEL	10024	5,459902	limite_propriedades
12	Poligono	SANEPAR	11432	0	limite_propriedades
13	Poligono	SANEPAR	11828	0	limite_propriedades
14	Poligono	SANEPAR	11501	0	limite_propriedades
15	Poligono	SANEPAR	11500	0	limite_propriedades
16	Poligono	SANEPAR	11500	0,92112	limite_propriedades
17	Poligono	SANEPAR	11433	1,421552	limite_propriedades
18	Poligono	SANEPAR	11433	6,265977	limite_propriedades
19	Poligono	SANEPAR	11433	7,655085	limite_propriedades
20	Poligono	SANEPAR	11433	39,794123	limite_propriedades
21	Poligono	BARRACÃO COHAB-CT	24918	0,836675	edif_residencial
22	Poligono	POSTO POLICIAL	29499	0	edif_residencial
23	Poligono	SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE	18333	14,096913	limite_propriedades
24	Poligono	SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE	17356	0	limite_propriedades
25	Poligono	SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE	18330	0	limite_propriedades
26	Poligono	CODAPAR PINHAIS	20542	26,035103	limite_propriedades
27	Poligono	CODAPAR PINHAIS	20544	12,228548	limite_propriedades
28	Poligono	PREFEITURA MUNICIPAL DE PINHAIS	19900	0	limite_propriedades
29	Poligono	PREFEITURA MUNICIPAL DE PINHAIS	19902	0	limite_propriedades
30	Poligono	PREFEITURA MUNICIPAL DE PINHAIS	19903	0	limite_propriedades
31	Poligono	PREFEITURA MUNICIPAL DE PINHAIS	19903	0	limite_propriedades
32	Poligono	PREFEITURA MUNICIPAL DE PINHAIS	19902	0	limite_propriedades
33	Poligono	PREFEITURA MUNICIPAL DE PINHAIS	19902	0	limite_propriedades
34	Poligono	PREFEITURA MUNICIPAL DE PINHAIS	19902	14,798935	limite_propriedades
35	Poligono	SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS E URBANISMO	20555	0	limite_propriedades
36	Poligono	TABELIONATO DE NOTAS MARTINE	20273	0	limite_propriedades
37	Poligono	SANEPAR	20359	3,546315	limite_propriedades
38	Poligono	SANEPAR	20356	5,990696	limite_propriedades
39	Poligono	SANEPAR	20359	3,193705	limite_propriedades
40	Poligono	SANEPAR	20359	2,814555	limite_propriedades
41	Poligono	SANEPAR	34712	7,534786	edif_residencial
42	Poligono	SANEPAR	20359	2,564181	limite_propriedades

FONTE: A autora (2014).

A Figura 54 apresenta o resultado do modelo desenvolvido para as edificações de ruínas. Nota-se que as edificações com problemas de representação podem ser identificadas. Porém, as classes resultantes da aplicação da função *Intersecção* não são visualizadas. A tabela de atributos na camada resultante da sobreposição confirma que não há dados nesta classe (FIGURA 55).

dois municípios este número passou de 40.000 registros. O sistema não tem a possibilidade de finalizar a análise. Para tal análise, utilizou-se a ferramenta *Seleção* e as expressões SQL abaixo. Optou-se por analisar grupos de até 10.000 feições até que todas tivessem sido analisadas.

$$FID \leq 10000$$

$$FID > 10000 \text{ AND } FID \leq n * 10000$$

Sendo:

$$n = 2, 3, 4, 5$$

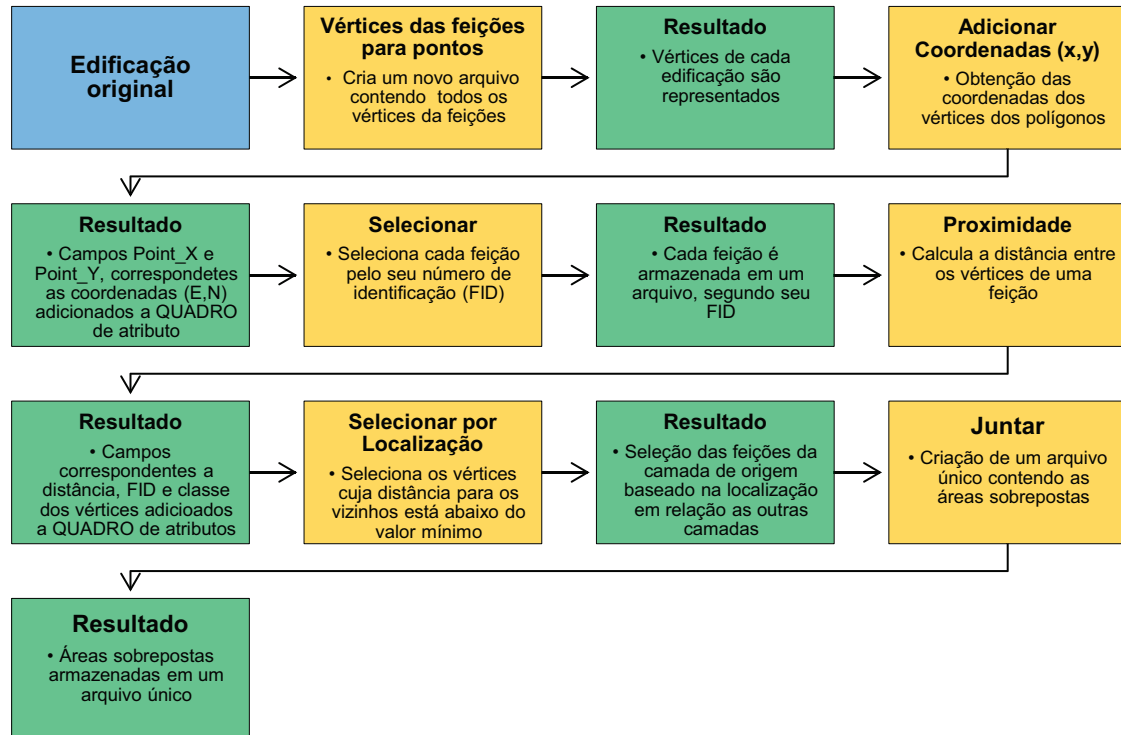
Todos os modelos desenvolvidos para a detecção das condições de congestionamento e coalescência estão nos Apêndices 5 a 12.

Ressalta-se que para os experimentos apresentados nesta subseção foram utilizados os parâmetros gráficos de Taura (2007). Contudo, os modelos podem ser aplicados com quaisquer valores, sendo isto um critério a ser definido pelo usuário.

4.4. MODELO ESPECIALISTA - VISIBILIDADE

O diagrama do modelo especialista implementado para identificar a condição de imperceptibilidade está ilustrado na Figura 56. A tabela de atributos dos dados originais não possui as coordenadas dos vértices dos polígonos. No entanto, os parâmetros gráficos referentes à condição de imperceptibilidade são o comprimento do lado e dos detalhes dos polígonos, valores obtidos a partir da distância entre dois vértices. Para que o modelo possa detectar quais vértices são imperceptíveis aos olhos humanos é necessário ter conhecimento das coordenadas dos vértices de cada edificação. A ferramenta disponível para se obter as coordenadas só pode ser aplicada em feições pontuais. Assim sendo, o modelo aplica a ferramenta *Vértice das Feições* na camada de edificações original para que uma camada de feições pontuais fosse criada contendo os vértices de cada polígono da classe analisada. A obtenção das coordenadas dos vértices, resultado da aplicação da função *Adicionar Coordenadas (X,Y)*, foi feita com esta classe de feições pontuais.

FIGURA 56 – DIAGRAMA DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DE IMPERCEPTIBILIDADE



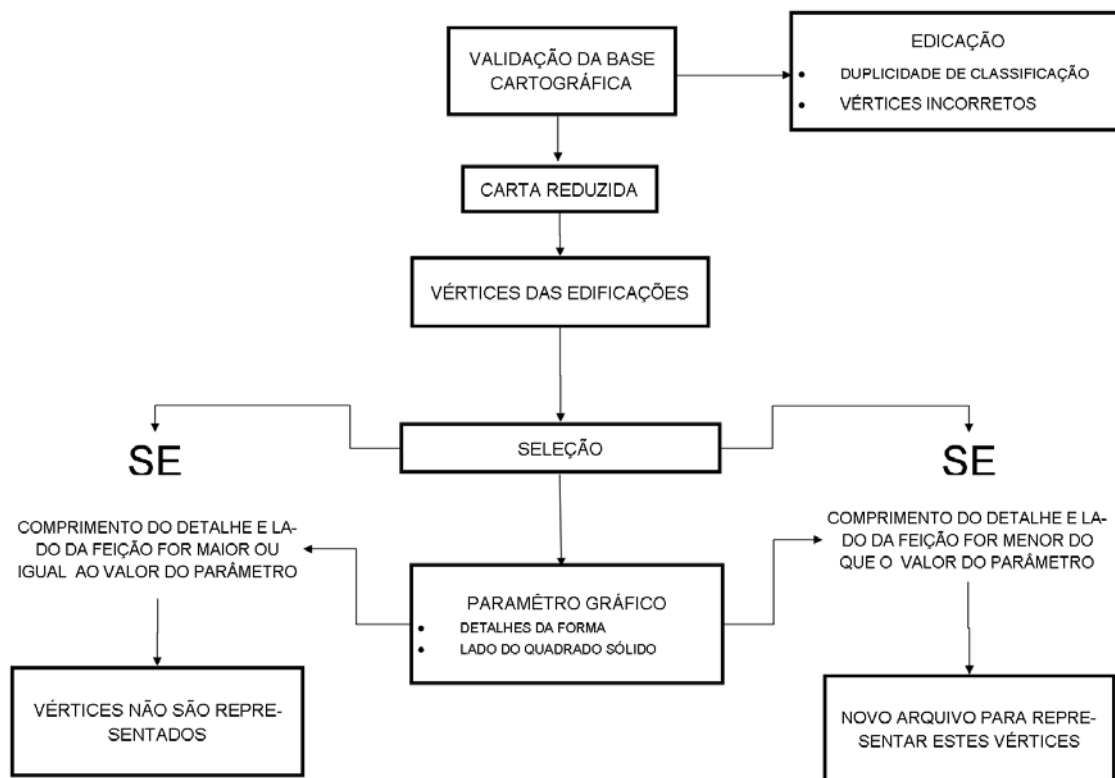
FONTE: A autora (2014)

Devido às características dos parâmetros gráficos referentes à imperceptibilidade cada edificação deve ser analisada separadamente, através da aplicação da função *Seleção* e da expressão SQL mostrada abaixo. Isto possibilita que os vértices de uma única edificação sejam analisados. Em consequência disto, os modelos apresentam mais componentes do que os modelos referentes ao problema de legibilidade.

'ORIG_FID' = número de identificação da edificação original

A árvore de decisão do sistema implementado para identificar a condição de imperceptibilidade está representada pela Figura 57. Neste sistema, os vértices das edificações são examinados e destacados, dependendo do resultado do processamento.

FIGURA 57 – ÁRVORE DE DECISÃO DO SISTEMA IMPLEMENTADO PARA VERIFICAR O TAMANHO DOS DETALHES DAS FEIÇÕES

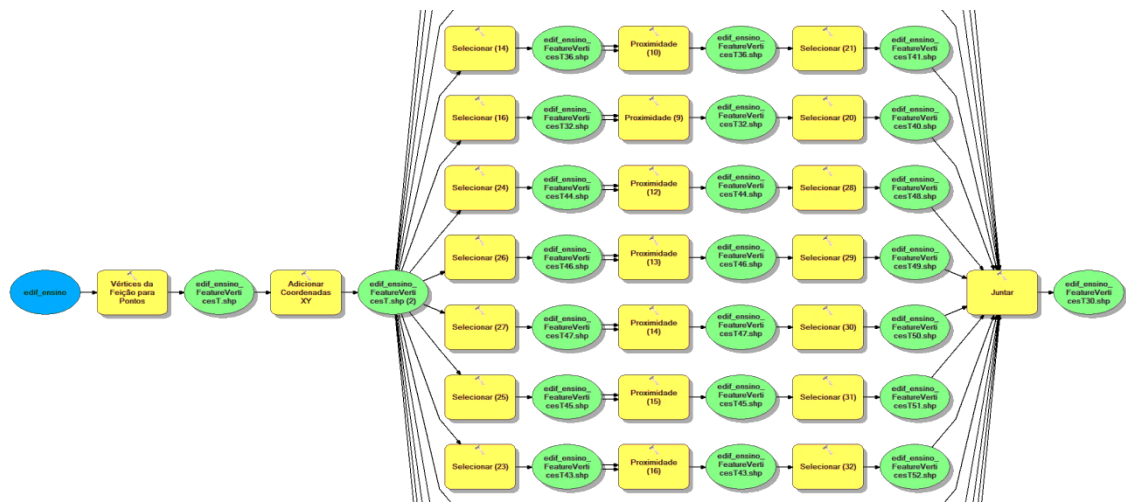


FONTE: A autora (2014)

A Figura 58 apresenta uma parte do sistema criado para detecção da condição de imperceptibilidade para edificações de ensino. Primeiro, um novo arquivo de feições pontuais é criado contendo os vértices das edificações. Em seguida, as coordenadas dos vértices são obtidas. Após isso, os vértices são selecionados de acordo com a sua edificação de origem segundo seu FID. A função *Proximidade* cria na tabela de atributos um campo com o valor da distância entre os vértices da feição. A função de *Seleção* utiliza como parâmetro a expressão SQL abaixo para selecionar os vértices que apresentam valor de distância abaixo do espaçamento mínimo, vinculado com os parâmetros de comprimento do lado do polígono preenchido e comprimento dos detalhes do polígono.

$NEAR\ DIST < comprimento\ do\ lado\ do\ polígono\ ou\ comprimento\ dos\ detalhes\ dos\ polígonos$

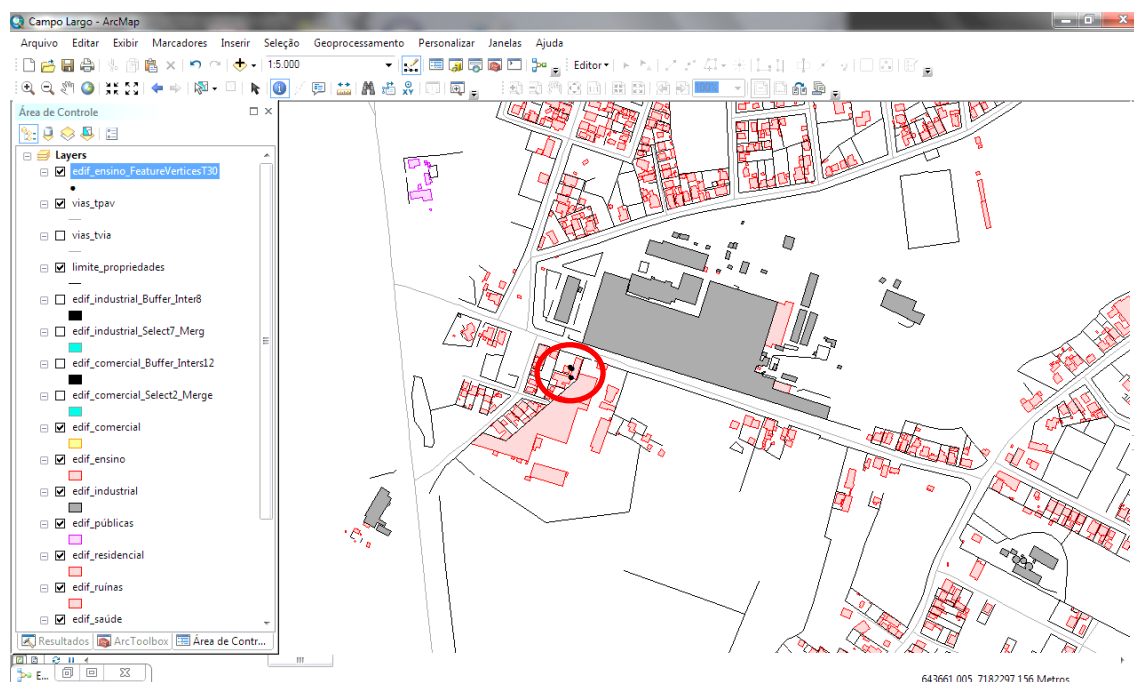
FIGURA 58 – MODELO ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DA IMPERCEPTIBILIDADE PARA EDIFICAÇÕES DE ENSINO



FONTE: A autora (2014).

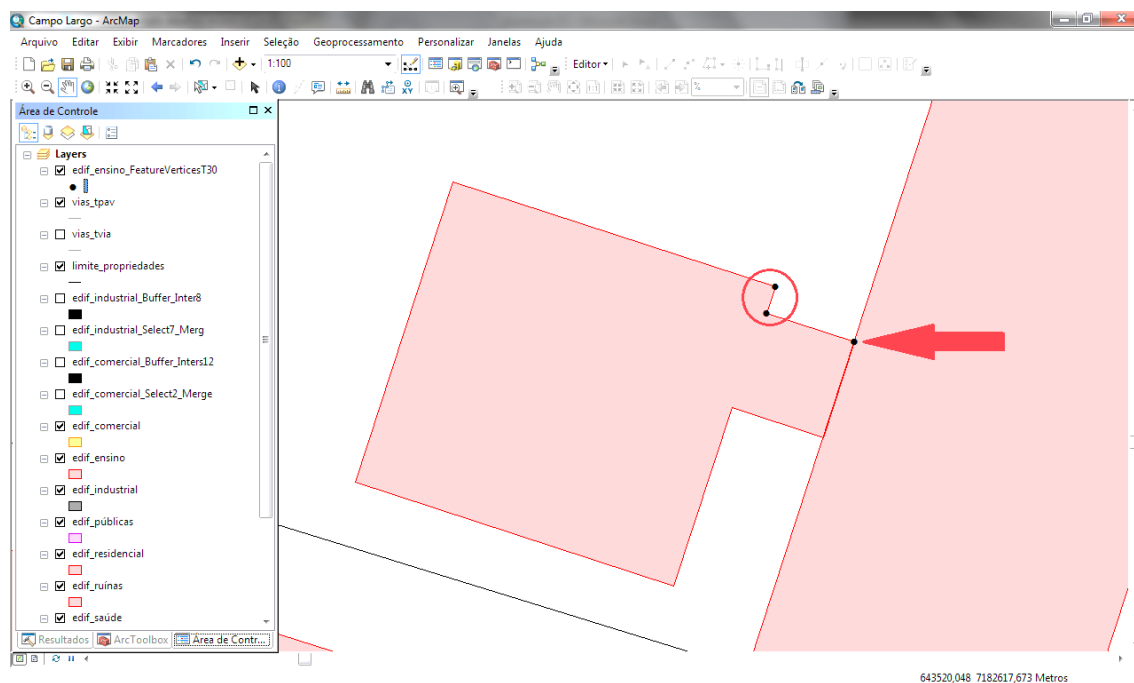
A Figura 59 ilustra o resultado deste modelo. A escala da visualização, 1:5.000 não permite diferenciar as feições ou determinar quantos pontos contribuem para o problema de visibilidade. Ao aumentar a escala, nota-se que três pontos podem apresentar a condição de imperceptibilidade. Ao analisar a tabela de atributos, observa-se que um dos vértices representados (indicado pela flecha) é, na realidade, o ponto inicial e final do polígono. Dois pontos representados por um. Portanto, suas coordenadas são as mesmas e, assim, a distância entre eles é nula. Devido a isto, este vértice é apresentado como resultado do sistema especialista (FIGURA 60).

FIGURA 59 – RESULTADO DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DA IMPERCEPTIBILIDADE PARA EDIFICAÇÕES DE ENSINO



FONTE: A autora (2014).

FIGURA 60 – VÉRTICES APRESENTADOS COMO RESULTADO DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DA IMPERCEPTIBILIDADE PARA EDIFICAÇÕES DE ENSINO



FONTE: A autora (2014).

A tabela de atributos das camadas resultantes do processamento do modelo pode ser utilizada para identificar quais vértices apresentam o problema de

visibilidade. A Figura 61 apresenta a tabela de atributos da referente aos vértices das edificações da classe de edificações de ensino. Nota-se os campos adicionados pelo modelo. Estes são: *NEAR_FID*, *NEAR_DIST*, *ORIG_FID*, *POINT_X* e *POINT_Y*. O usuário pode analisar a tabela de atributos para identificar os vértices que contribuem para a condição de imperceptibilidade. O campo *NEAR_DIST* apresenta as distâncias do vértice para seu vizinho, enquanto o campo *NEAR_FID* identifica à qual feição pertence o vértice mais próximo.

FIGURA 61 – TABELA DE ATRIBUTOS DA CLASSE EDIFICAÇÕES DE ENSINO RESULTANTE DO SISTEMA ESPECIALISTA DESENVOLVIDO PARA DETECÇÃO DA CONDIÇÃO DE IMPERCEPTIBILIDADE PARA A CLASSE DE EDIFICAÇÕES DE ENSINO

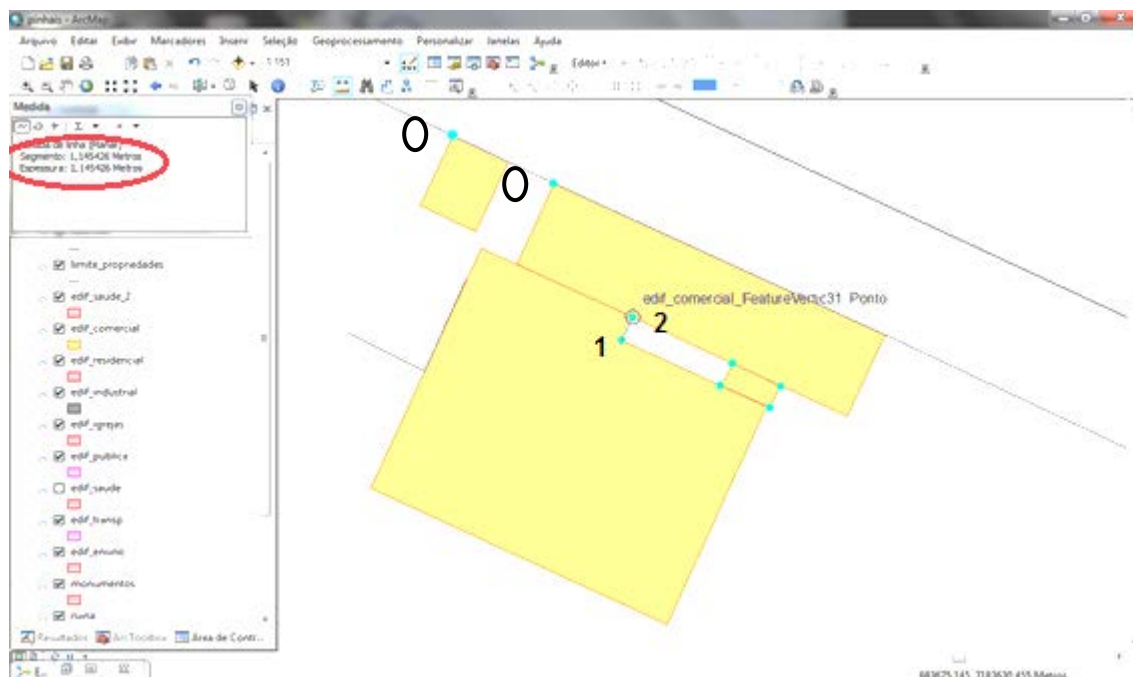
FID	Shape *	NOME	BUFF DIST	NEAR FID	NEAR DIST	ORIG FID	POINT_X	POINT_Y
0	Ponto	CIME	0	8	0	1	645151,46	7181727,51
1	Ponto	CIME	0	5	1,39603	1	645168,35	7181732,49
2	Ponto	CIME	0	4	1,39603	1	645167,43	7181731,44
3	Ponto	CIME	0	0	0	1	645151,46	7181727,51
4	Ponto	ESCOLA MUNICIPAL JOÃO SANTANA	1,25	8	0	0	643117,89	7180944,41
5	Ponto	ESCOLA MUNICIPAL JOÃO SANTANA	1,25	3	0,220227	0	643139,62	7180958,84
6	Ponto	ESCOLA MUNICIPAL JOÃO SANTANA	1,25	2	0,220227	0	643139,48	7180958,67
7	Ponto	ESCOLA MUNICIPAL JOÃO SANTANA	1,25	0	0	0	643117,89	7180944,41
8	Ponto	COLÉGIO ESTADUAL Djalma Maranhão	0	4	0	2	644587,220093	7182372,32013
9	Ponto	COLÉGIO ESTADUAL Djalma Maranhão	0	7	1,395563	2	644567,5401	7182370,09009
10	Ponto	COLÉGIO ESTADUAL Djalma Maranhão	0	0	0	2	644587,220093	7182372,32013
11	Ponto	COLÉGIO ESTADUAL Djalma Maranhão	0	15	0	2	644590,830078	7182384,1701
12	Ponto	COLÉGIO ESTADUAL Djalma Maranhão	0	2	1,395563	2	644566,28009	7182369,49011
13	Ponto	COLÉGIO ESTADUAL Djalma Maranhão	0	5	0	2	644590,830078	7182384,1701
14	Ponto	COLÉGIO ESTADUAL Djalma Maranhão	0	39	0	2	644568,340515	7182394,52948
15	Ponto	COLÉGIO ESTADUAL Djalma Maranhão	0	48	0,9362	2	644572,860107	7182392,30011
16	Ponto	COLÉGIO ESTADUAL Djalma Maranhão	0	47	0,988443	2	644574,430115	7182389,7901
17	Ponto	COLÉGIO ESTADUAL Djalma Maranhão	0	32	0,477594	2	644560,863281	7182384,43512
18	Ponto	COLÉGIO ESTADUAL Djalma Maranhão	0	31	0,477594	2	644560,610107	7182384,84009
19	Ponto	COLÉGIO ESTADUAL Djalma Maranhão	0	16	0	2	644568,340515	7182394,52948
20	Ponto	COLÉGIO ESTADUAL Djalma Maranhão	0	44	0	2	644575,81012	7182407,36011
21	Ponto	COLÉGIO ESTADUAL Djalma Maranhão	0	40	0	2	644575,81012	7182407,36011
22	Ponto	COLÉGIO ESTADUAL Djalma Maranhão	0	5	0	2	644590,830078	7182384,1701
23	Ponto	COLÉGIO ESTADUAL Djalma Maranhão	0	19	0,988443	2	644575,320129	7182390,22009
24	Ponto	COLÉGIO ESTADUAL Djalma Maranhão	0	18	0,9362	2	644573,720093	7182392,6701
25	Ponto	COLÉGIO ESTADUAL Djalma Maranhão	0	5	0	2	644590,830078	7182384,1701
26	Ponto	COLÉGIO ESTADUAL Djalma Maranhão	0	77	0	2	644605,470093	7182418,1001
27	Ponto	COLÉGIO ESTADUAL Djalma Maranhão	0	73	0	2	644605,470093	7182418,1001
28	Ponto	COLÉGIO ESTADUAL Djalma Maranhão	0	82	0	2	644588,900085	7182427,38013
29	Ponto	COLÉGIO ESTADUAL Djalma Maranhão	0	78	0	2	644588,900085	7182427,38013
30	Ponto	COLÉGIO ESTADUAL Djalma Maranhão	0	87	0	2	644570,980103	7182431,39008
31	Ponto	COLÉGIO ESTADUAL Djalma Maranhão	0	83	0	2	644570,980103	7182431,39008
32	Ponto	ESCOLA MUNICIPAL HASERST SCHMIDT	0	8	0	4	644044,73	7183233,52
33	Ponto	ESCOLA MUNICIPAL HASERST SCHMIDT	0	0	0	4	644044,73	7183233,52
34	Ponto	ESCOLA ESTADUAL FELINTO TEIXEIRA	1,25	10	0	3	643532,150085	7182603,1701
35	Ponto	ESCOLA ESTADUAL FELINTO TEIXEIRA	1,25	0	0	3	643532,150085	7182603,1701
36	Ponto	ESCOLA ESTADUAL FELINTO TEIXEIRA	1,25	19	0	3	643534,30011	7182616,62012
37	Ponto	ESCOLA ESTADUAL FELINTO TEIXEIRA	1,25	18	0,822223	3	643531,960083	7182618,25012
38	Ponto	ESCOLA ESTADUAL FELINTO TEIXEIRA	1,25	17	0,822223	3	643531,700073	7182617,47009
39	Ponto	ESCOLA ESTADUAL FELINTO TEIXEIRA	1,25	11	0	3	643534,30011	7182616,62012
40	Ponto	ESCOLA ESTADUAL FELINTO TEIXEIRA	1,25	0	0	3	643532,150085	7182603,1701
41	Ponto	ESCOLA ESTADUAL FELINTO TEIXEIRA	1,25	0	0,439644	3	643532,020081	7182602,75012
42	Ponto	ESCOLA ESTADUAL FELINTO TEIXEIRA	1,25	0	0	3	643532,150085	7182603,1701

FONTE: A autora (2014).

A representação de vértices iniciais e finais não ocorre em todas as edificações. Na Figura 62 estão representados uma edificação comercial e os vértices que contribuem para o problema de visibilidade. Nota-se que há oito vértices destacados. Os vértices 1 e 2 foram destacados porque a distância entre dois destes pontos é menor do que o 1,25 m referente ao parâmetro gráfico. Isto foi confirmado através do uso da função *Medida*, a qual indica que a distância é igual à 1,145m. Os outros vértices destacados pelos círculos pretos correspondem aos vértices inicial e

final das edificações. A representação correta de seis vértices confirma que o modelo alcançou seu objetivo ao destacar vértices que apresentam valores de distância entre si abaixo do valor mínimo.

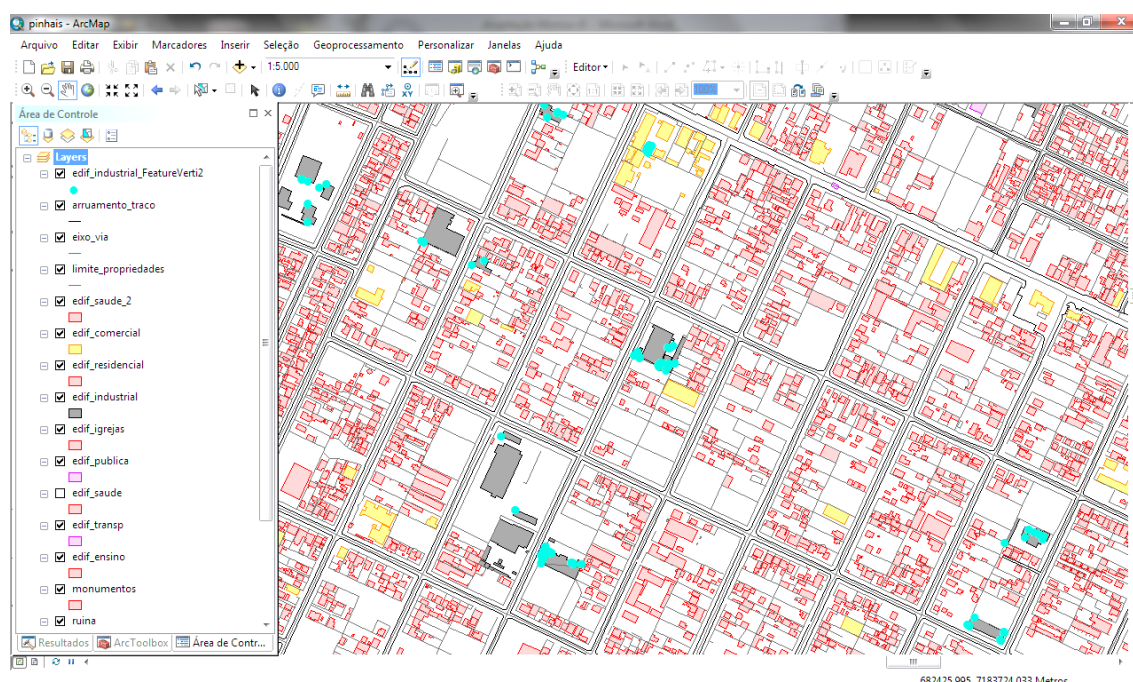
FIGURA 62 – VÉRTICES DESTACADOS DE UMA EDIFICAÇÃO COMERCIAL



FONTE: A autora (2014).

A Figura 63 apresenta o resultado do modelo desenvolvido para a detecção das imperceptibilidades para edificações industriais.

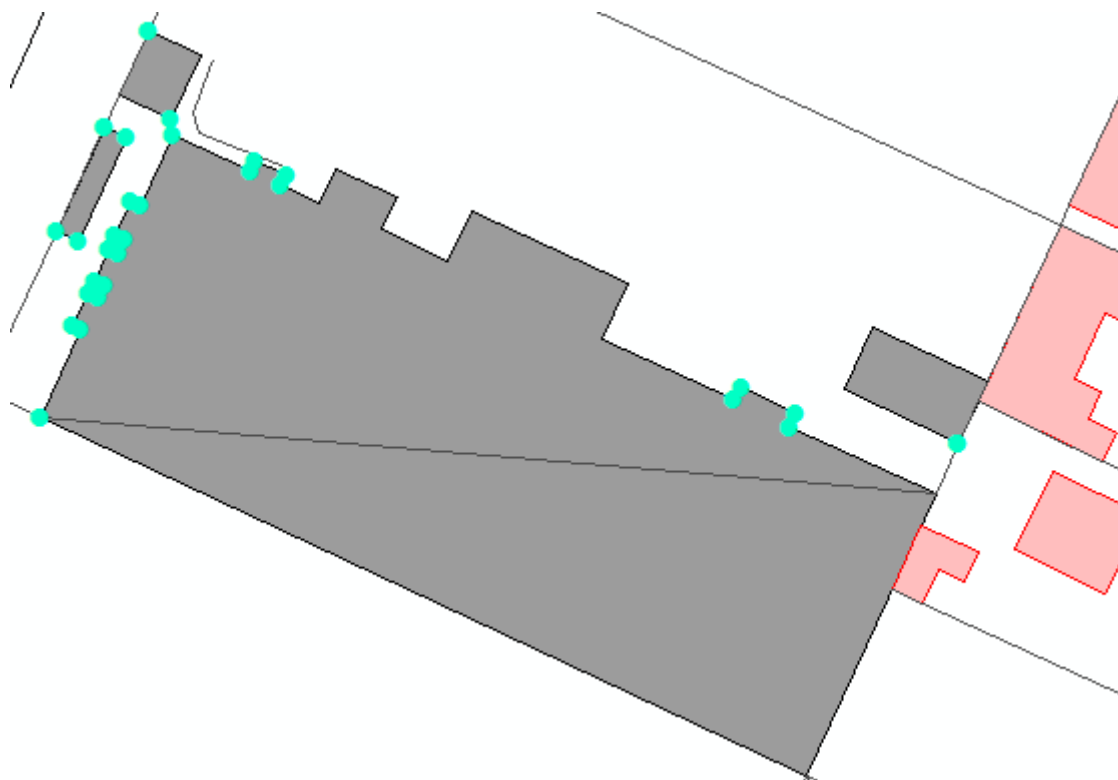
FIGURA 63 – VÉRTICES SELECIONADOS DAS EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS



FONTE: A autora (2014).

Na Figura 64, na escala de visualização 1:500 nota-se claramente quais e quantos vértices contribuem para o problema de visibilidade. São 24 vértices pertencentes aos detalhes do polígono que apresentam distância entre si abaixo do parâmetro gráfico utilizado.

FIGURA 64 – VÉRTICES SELECIONADOS PELO MODELO DE DETECÇÃO DA CONDIÇÃO DE IMPERCEPTIBILIDADE VISTOS NA ESCALA 1:500

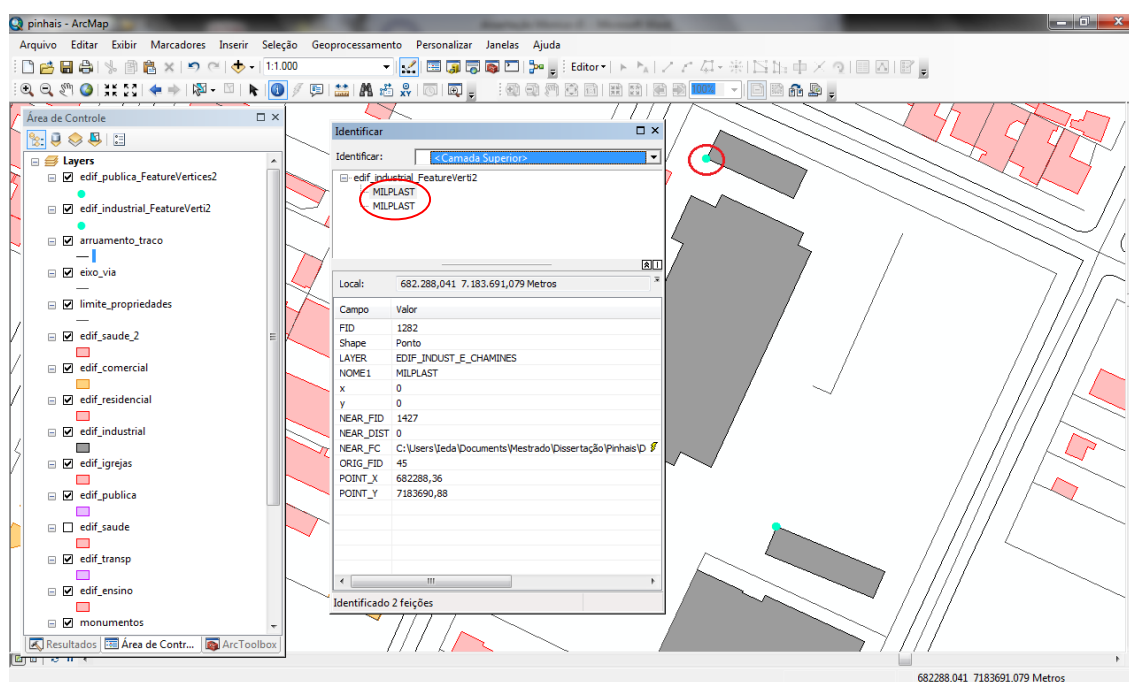


FONTE: A autora (2014).

A Figura 65 apresenta as informações de um vértice de uma edificação industrial. Nota-se que há duas feições pontuais pertencentes à edificação original MILPLAST. Os destaques dos vértices iniciais e finais de algumas edificações indica que o modelo para a detecção automática da condição de imperceptibilidade deve ser aprimorado. Uma possível solução para isto é a adição da expressão SQL abaixo, como parâmetro, à função *Seleção*.

NEAR DIST \neq 0

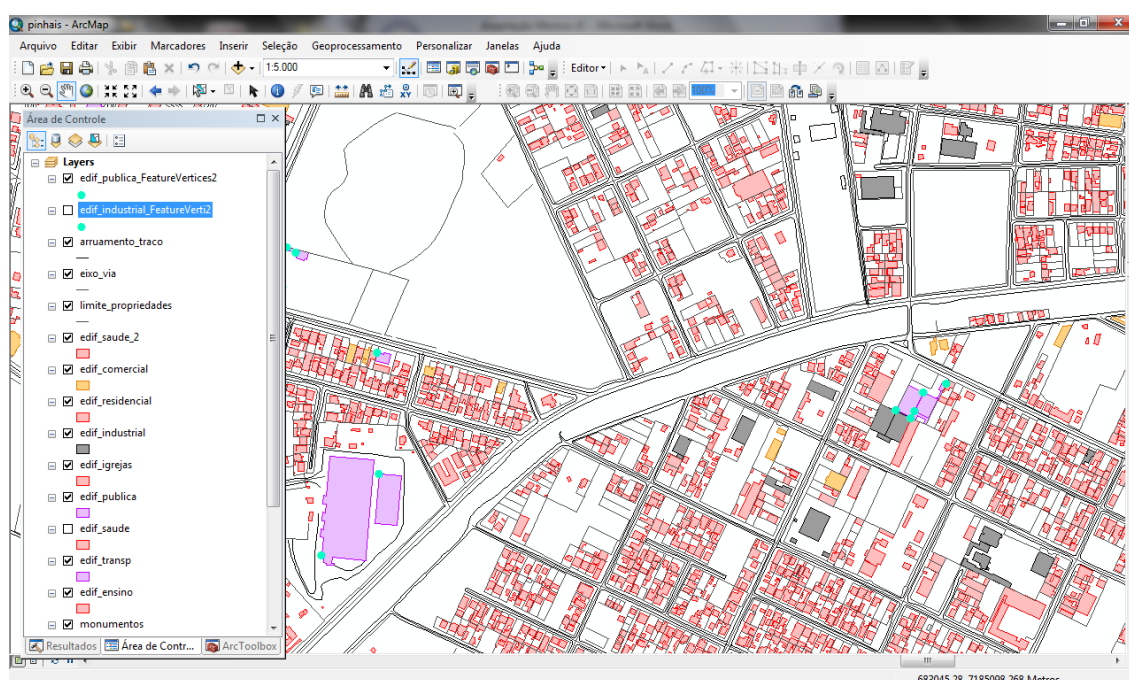
FIGURA 65 – VÉRTICES ERRONEAMENTE SELECIONADOS DE UMA EDIFICAÇÃO INDUSTRIAL



FONTE: A autora (2014).

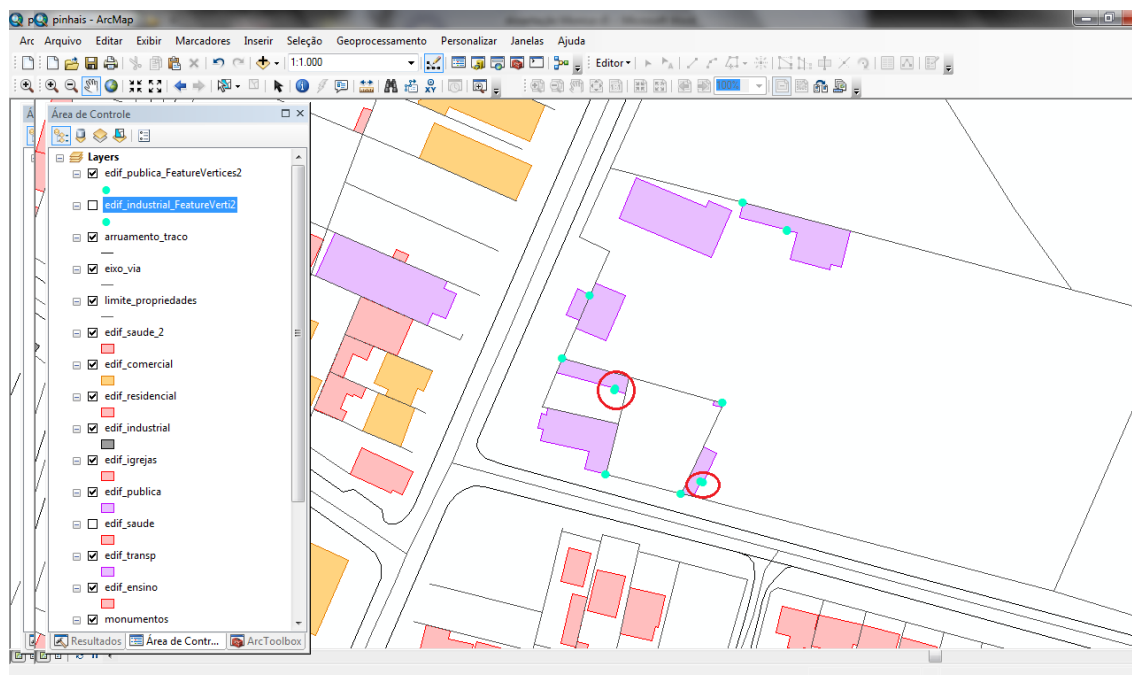
A Figura 66 e 67 apresentam o resultado do modelo desenvolvido para detectar a condição de imperceptibilidade para as edificações públicas.

FIGURA 66 – VÉRTICES SELECIONADOS DAS EDIFICAÇÕES PÚBLICAS



FONTE: A autora (2014).

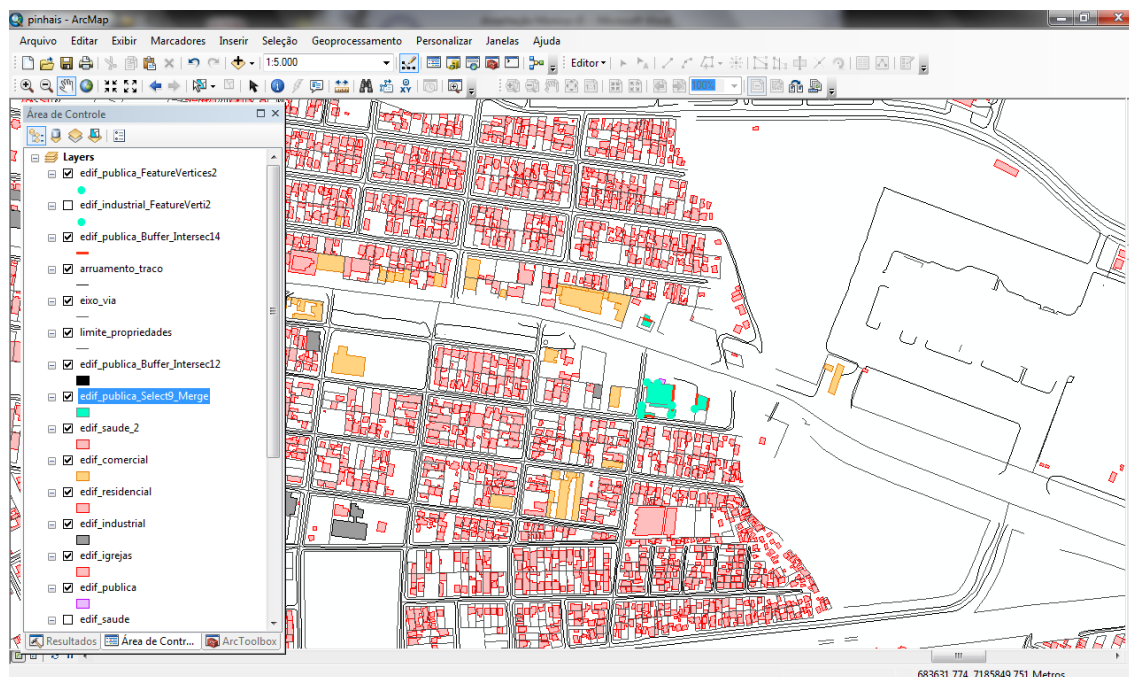
FIGURA 67 – VÉRTICES SELECIONADOS DAS EDIFICAÇÕES PÚBLICAS VISUALIZADOS NA ESCALA 1:1.000



FONTE: A autora (2014).

A Figura 68 apresenta os resultados dos dois modelos desenvolvidos para a detecção automática das condições geométricas de congestionamento, coalescência e imperceptibilidade adicionados à tela de visualização. Pode-se identificar as edificações que apresentam problemas de legibilidade, os limites de propriedade e os vértices que contribuem para o problema de visibilidade.

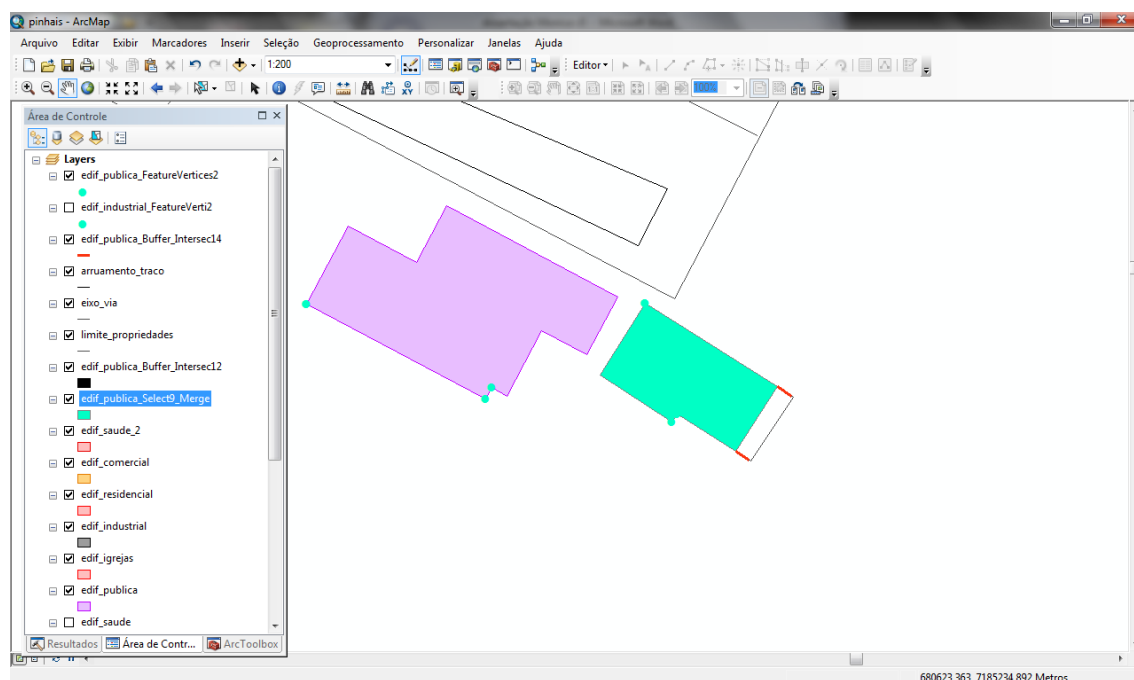
FIGURA 68 – VISUALIZAÇÃO DOS RESULTADOS DOS SISTEMAS ESPECIALISTAS DESENVOLVIDOS PARA DETECTAR OS PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO DA CLASSE EDIFICAÇÕES PÚBLICAS



FONTE: A autora (2014).

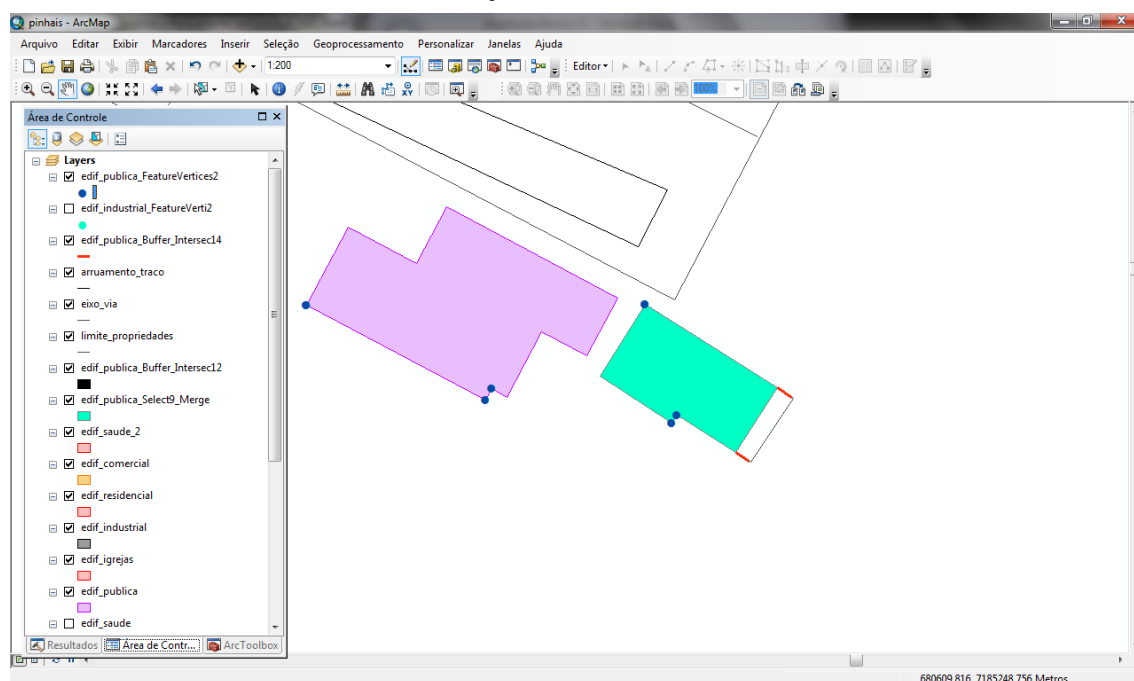
Ao aumentar-se a escala nota-se que há dificuldade identificar os vértices devido à cor das feições pontuais ser a mesma da edificação destacada (FIGURA 69). Para auxiliar neste reconhecimento foi alterada cor dos vértices, sem modificar a simbologia nas propriedades do modelo. Com a nova simbologia dos vértices, pode-se diferenciar os vértices da edificação em si e identificar quais são os pontos que apresentam problemas de imperceptibilidade (FIGURA 70).

FIGURA 69 – VISUALIZAÇÃO DOS RESULTADOS DOS SISTEMAS ESPECIALISTAS DESENVOLVIDOS PARA DETECTAR OS PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO DA CLASSE EDIFICAÇÕES PÚBLICAS NA ESCALA 1:200



FONTE: A autora (2014)

FIGURA 70 – VISUALIZAÇÃO DOS RESULTADOS DOS SISTEMAS ESPECIALISTAS DESENVOLVIDOS PARA DETECTAR OS PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO DA CLASSE EDIFICAÇÕES PÚBLICAS NA ESCALA 1:200 APÓS ALTERAÇÃO DA SIMBOLOGIA



FONTE: A autora (2014)

Devido à dificuldade de processar os modelos especialistas correspondentes as edificações residenciais, optou-se, novamente, por analisar grupos de até 10.000 feições até que todas tivessem sido analisadas, pois como dito no item anterior nos dois municípios o número de feições passou de 40.000 registros. Para a condição geométrica analisada por este modelo deve-se conhecer as coordenadas dos vértices de cada feição. Assim, mesmo com as feições sendo analisadas em grupos, o sistema não conseguiu nem mesmo aplicar a função de *Adicionar Coordenadas XY*. Não foi possível finalizar a aplicação do modelo. Portanto, para a classe de edificações residenciais não há modelo para detectar a condição de imperceptibilidade.

Todos os modelos desenvolvidos para a detecção das condições de congestionamento e coalescência estão nos Apêndices 14 a 21.

Ressalta-se que para os experimentos apresentados neste trabalho foram utilizados os parâmetros gráficos determinados por Taura (2007), pois o objetivo era desenvolver um sistema especialista para a detecção automática das condições geométricas e não a definição de valores dos parâmetros gráficos. Os modelos podem ser aplicados com quaisquer valores, sendo isto um critério a ser definido pelo usuário.

Para que os modelos desenvolvidos para a detecção automática das condições geométricas sejam aplicados de modo correto, o usuário deve seguir os seguintes passos:

- I. Validar a bases cartográficas;
- II. Reduzir a carta topográfica;
- III. Definir o problema de representação a ser detectado;
- IV. Definir uma camada de feição a ser analisada;
- V. Definir os parâmetros gráficos, e
- VI. Aplicar o modelo.

Os modelos podem ser aplicados na ordem desejada pelo usuário. E em seguida, este deve analisar a carta reduzida para localizar as feições que apresentam problemas de representação.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O objetivo deste trabalho foi propor a automatização da identificação das condições geométricas relacionadas às feições urbanas de cartas topográficas quando esta tem sua escala reduzida, visando manter sua legibilidade. Este objetivo foi alcançado através dos experimentos realizados com base no conhecimento de cada condição geométrica detectada, seus respectivos parâmetros gráficos e da formalização destes através de regras de decisão implementadas em um sistema especialista, com auxílio das ferramentas de análise espacial disponíveis no ArcGIS.

A condição de imperceptibilidade é mais facilmente caracterizada do que as condições de congestionamento e coalescência. No entanto, expressar as características desta condição através de regras de decisão e detectar o problema de visibilidade com as ferramentas disponíveis mostrou-se mais complexo do que o problema de legibilidade.

As cartas topográficas dos municípios de Campo Largo e Pinhais apresentaram problemas de edição, como vértices adicionais e sobreposição de feições. Tais erros podem influenciar na detecção da imperceptibilidade, pois o parâmetro gráfico desta condição é caracterizado pelas distâncias entre os vértices. Desta maneira, o sistema especialista pode constatar erroneamente que um vértice é imperceptível, pois não está distante o suficiente do seu vizinho mais próximo quando, na realidade, este mesmo vértice não existe. A duplicidade de classificação ocorreu somente na carta topográfica do município de Pinhais. O modelo desenvolvido para a detecção das condições geométricas de congestionamento e coalescência pode ser empregado para auxiliar na edição de bases cartográficas.

Os modelos especialistas desenvolvidos nesta pesquisa não são holísticos, pois cada classe é analisada separadamente assim como cada condição, devido a característica dos parâmetros gráficos. Antes da aplicação do modelo, o usuário pode definir o valor do parâmetro gráfico que desejar, pois há esta a opção de interação.

A análise das ferramentas de análise espacial identificou ferramentas que podem ser utilizadas para realizar a detecção das condições geométricas: *Buffer* e *Proximidade*. Quando a função *Buffer* é aplicada o usuário deve analisar a carta reduzida para localizar visualmente as feições sobrepostas ao buffer gerado. A função *Proximidade* adiciona campos na tabela de atributos indicando qual a feição mais próxima e sua distância em relação à feição de interesse do usuário. Ou seja, quando

estas duas ferramentas são aplicadas sem auxílio de outras exigem um alto grau de interferência do usuário para detectar as condições geométricas. A única ferramenta que resulta no destaque das feições que contribuem para os problemas de representação é a função de *Seleção por Localização*. A análise ainda permitiu a identificação de outras funções, que quando aplicadas junto com outras, geram novas camadas de feições. Isto resultado ampara o usuário na detecção das condições geométricas.

O modelo especialista desenvolvido para detectar as condições de congestionamento e coalescência se mostrou eficaz. Ao visualizar os resultados, as edificações com problemas de legibilidade foram detectadas e destacadas das demais. Apenas um modelo desenvolvido para a classe de edificações 'Ruínas' apresentou problemas.

O problema de visibilidade requer um sistema especialista mais robusto, pois o modelo analisa os vértices de cada feição individualmente. Cinco ferramentas devem fazer parte do sistema: *Vértice de feição para pontos*, *Adicionar Coordenadas XY*, *Seleção*, *Distância do Ponto*. Porém, o sistema ainda necessita de ajustes, pois os resultados obtidos apresentam falhas. Como na representação de um polígono, o vértice inicial é igual ao final, tem as mesmas coordenadas estes pontos são destacados como sendo imperceptíveis, pois a distância entre eles é igual à zero, logo, abaixo do qualquer valor dos parâmetros gráficos utilizados.

Por estes motivos e em virtude das ferramentas disponíveis, o sistema especialista para detectar problemas de visibilidade não apresenta resultados favoráveis. Além do fato de que cada edificação deve ser analisada separadamente, fato este que torna o desenvolvimento do sistema árduo e seu processamento, vagaroso.

Devido à quantidade de edificações residenciais representadas, que ultrapassa 40.000 registros, o sistema computacional não tem capacidade de processamento para apresentar o resultado como as demais classes. Caso, na tabela de atributos, houvesse a indicação da localização por bairro das edificações, o sistema poderia examina-las segundo este critério. Como consequência, as edificações foram analisadas de acordo com seu número de identificação. Mesmo assim, o sistema computacional se mostrou insuficiente para tal, pois o processamento dos dados foi extremamente lento, com duração total de uma hora, para a detecção das condições de congestionamento e coalescência.

O *software* ArcGIS e seu aplicativo *ModelBuilder* podem ser utilizados para a detecção das condições geométricas, considerando as ressalvas mencionadas acima. Os resultados alcançados com estes *softwares* foram satisfatórios.

É necessário continuar as pesquisas em detecção automática das condições geométricas para aprimoramento, pois estas indicam quando e em quais feições a generalização deve ser aplicada. Os modelos desenvolvidos neste trabalho devem ser aperfeiçoados para que os problemas apresentados sejam eliminados.

Como outras recomendações para futuros trabalhos, sugere-se a implementação das medidas espaciais e holísticas, pois há ferramentas disponíveis para tal. Ainda é possível integrar os operadores de generalização cartográfica disponíveis no ArcGIS. No entanto, recomenda-se que estudos sejam feitos para relacionar tais algoritmos com cada condição geométrica.

Baseado nos experimentos realizados destaca-se que a utilização de sistemas especialistas baseados em regras de decisão torna a detecção e visualização dos problemas de visualização mais eficiente. Apesar disso há a dificuldade de formalizar o processo de generalização cartográfica. Conforme REGNAULD (2001), a generalização automática já inicia com informações limitadas, pois há situações e relacionamento entre feições que o sistema especialista não pode prever. É possível criar regras no modelo que, após o sistema já ter sido executado uma vez, tais situações podem ser identificadas, no entanto, isto requer a interação humano-computador.

REFERÊNCIAS

ABEL, M. **Sistemas Especialistas**. Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998.

BASARANER, M.; SELCUK, M. An Attempt to Automated Generalization of Buildings and Settlement Areas in Topographic Maps. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. **Proceeding of XXth International Congress for Photogrammetry and Remote Sensing**, Istanbul, 2004.

BEARD, K.M.; MACKANESS, W.A. Generalisation Operators and Supporting Structures. **Proceedings of Auto Carto 10**. 1991. p 29-45.

BOS, E.S. **Cartographic Symbol Design**. Lecture Notes. ITC, 1984, 85p.

BRASIL. Decreto-Lei n 243, de 28 de fevereiro de 1967. Fixa as diretrizes e bases da Cartografia Brasileira e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 09 mar, 1967. Disponível em :
<<https://www.mar.mil.br/dhn/chm/download/decreto243.pdf>>. Acesso em: 23/6/2013.

BILDIRICI, I.O. Building and Road Generalization with the CHANGE Generalization Software Using Turkish Topographic Base Map Data. **Cartography and Geographic Information Science**. V 31, n 1, 2004. p 43-54,

BROOKS, R. National Atlas of Canada Producing First Map Using Automated Generalisation of Framework Data. **Cartouche**, n 39, Fall 2000.

CHYBICKA, I.; IWANIAK, A.; OSTROWSKI, W. Generalization of the Topographic Database to the Vector Map Level 2 – the components of the Polish National Geographic Information System. In: **ICA Workshop on Generalisation and Multiple representation**, 2004. Leicester, Reino Unido.

CTGC - CÂMARA TÉCNICA DE CARTOGRAFIA E GEOPROCESSAMENTOS. **Resolução Técnica CTCG – 002/96 Padronização das Escalas Utilizadas em Trabalhos Cartográficos**. Curitiba, 1996.

CROMLEY, R.G.; MORSE, S.J. Some Comments on Numerical Line Generalization. **Geographical Analysis, Research Notes and Comments**. [S.l.] v 20, n 2, 1988.

D'ALGE, J.C.L. **Generalização Cartográfica em Sistemas de Informação Geográfica: Aplicação aos Mapas de Vegetação da Amazônia Brasileira**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007

DAVID, R.; SHROBE, H.; SZOLOVITS, P. What is a Knowledge representation? **AI Magazine**, Spring, 1993. p 17-33.

DSG, DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO. **Manual de Convenções Cartográficas – T 34 700, 1ª e 2ª partes**. Brasília, 1998.

FOERSTER, T., STOTER, J. KRAAK, M.J. Challenges for Automated Generalisation at European Mapping Agencies: A Qualitative and Quantitative Analysis. **The Cartographic Journal**. n. 1. Vol. 47. Fevereiro, 2010. p 41-54

FIRKOWSKI, H. **Generalização Cartográfica de Grades Retangulares Regulares Baseada na Teoria Matemática da Comunicação**. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba 2002.

FURNICAL, A.C. Delineando as limitações: sistemas especialistas e conhecimento tácito. **Ciência da Informação**. V 24, n 2, 1995.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapeamento Topográfico**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_topo_int.shtm?c=1>. Acesso em abril de 2013.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010**. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/uf.php?coduf=41> >. Acesso em junho de 2013.

ICA, *INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC ASSOCIATION*. **Multilingual Dictionary of Technical Terms in Cartography**. Wiedbaden, Franz Steiner Verlag, 1973.

ISSMAEL, L.S. **Generalização Cartográfica: Determinação de Operadores e de Escalas Catastróficas**. 250 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Cartográfica) – Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2003.

HEINZLE, R.; FERRARI, M.J.; KOSTETZER, C.U. Um Guia para o Desenvolvimento de Sistemas Especialistas. **Dynamis**. V 6, n 22, p 109-120. Blumenau, FURB, 1998.

JESUS, E.G.V.; FERNANDES, V.O.; BRITO, P.L. Aplicação da Teoria da Gestalt na Construção e Análise de Mapas Turísticos. **Caminhos de Geografia**. V 13, n 44, 2012, p 43-59.

JOÃO, E.M. **Causes and Consequences of Map Generalisation**. 1 ed. Great Britain: Department of Geography and Environment, Taylor and Francis, Londres School of Economics, 1998. 266p.

KAZEMI, S.; LIM, S. **Is Automated Generalization There Yet?**. School of Surveying & Spatial Information Systems. University of New South Wales, Sydney, 2004.

KEATES, J.S. **Cartographic Design and Production**. 2 ed. Essex: Logman Scientific & Technical, New York, 1973.

KRAAK, M.; ORMELING, F. **Cartography: Visualization of Spatial Data**. 3 ed. Great Britain: Pearson Education Limited, Londres, 2010. 198 p.

KOLACNY, A. Cartographic Information – A Fundamental Concept and Term in Modern Cartography. **Cartographica**. Suplemento n. 1. v 14. 1977. p. 39-45.

LECORDIX, F. Cartographic Generalisation Processo on French Topographic Mapping. In: **VII Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas**, 2011, Curitiba.

LICHTNER, W. Computer Assisted Processes of Cartographic Generalization in Topographic Maps. **Geo Processing**, n 1. 1979. p. 183-199.

LOPES, J. **Generalização Cartográfica**. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia da Terra) – Universidade de Lisboa. Lisboa, 2005.

McMASTER, R.B.; SHEA, K.S **Generalization in Digital Cartography**. 1ed. Washington: Association of American Geographers, 1992. 133p.

MULLER, J.C.; ZESHEN, W. Area-patch Generalization: a Competitive Approach. **Cartographic Journal**, n 29.1992. p 137-144.

NALINI, V.T. **Avaliação Cartométrica da Base Cartográfica Digital Adequada à Gestão Urbana Derivada por Generalização Cartográfica a Partir da Escala de Origem 1:2.000**. 106 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.

PARANACIDADE. Serviço Social Autônomo. **Diretrizes**. Disponível em: < <http://www.paranacidade.org.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=30> > Acesso em abril de 2013.

PANTALEÃO, E. **Aplicação de Técnicas de Sistemas Baseados em Conhecimento em Projeto Cartográfico Temático**. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.

PANTALEÃO, E. Aplicação de Técnicas de Sistemas Especialistas em Projeto Cartográfico Temático. **Anais do Simpósio Brasileiro de Geomática**. Presidente Prudente, 2002. p 382-392.

PREFEITURA DE PINHAIS. **Lei Municipal nº 412 de 2000**. Altera o perímetro urbano do município de Pinhais. Pinhais, 15 dez, 2000.

PUGLIESI, E.A. **Desenvolvimento de Mapa Dinâmico para Sistema de Navegação Terrestre**. 216p. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) – Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 2002.

REGNAULD, N. Contextual Building Typification in Automated Map Generalization. **Algorithmica**, Nova York, n 30, 2001. p 312-333.

ROBINSON, A.H.; MORRISON, J.L.; MUEHRCKE, P.C.; KIMERLING, A.J.; GUPTILL, S.C. **Elements of Cartography**. 6 ed. Nova York: John Wiley & Sons, New York, 1995.

ROLSTON, D.W. **Principles of Artificial Intelligence and Expert Systems Development**. Singapore, McGraw-Hill, 1988.

RUAS, A. Why and How Evaluating Generalised Data ?. **13th International**

Symposium on Spatial Data Handling. Leicester, Reino Unido, 2004.

RUSSEL, S.J.; NORVIG, P. **Artificial Intelligence: a modern approach.** New Jersey, Prentice Hall, 1995.

SCHMIDT, M.A.R, DELAZARI, L.S. Integração de Cartografia, VISC, e SIG Através de Conceitos Comuns: Perspectivas Futuras. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 61/02, 2009. p 129- 135.

SLOCUM, T.; MCMASTER, R.R.; KESSLER, F.C.; HOWARD, H.H. **Thematic Cartography and Geovisualization.** 3ed. New Jersey: Pearson Education, Inc, 2009.

SLUTER, C.R.; BRANDALIZE, M.C.B.; Elzakker, C.P.J.M.; Ivánová, I. Defining Standard Symbols for Street Network Maps for Urban Planning Bases on User-Requirements. In: **26th International Cartographic Conference.** Dresden, Alemanha, 2013.

SPINOLA, D.N. **Generalização Cartográfica em SIG Aplicada a um Mapa de Uso e Cobertura do Solo em Formato Vetorial e Matricial.** 133p. Monografia (Graduação em Geografia) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2010.

STEINIGER, S.; WEIBEL, R. Relations Among Map Objects in Cartographic Generalization. **Cartography and Geographic Information Science.** EUA, v 34, n. 3. Julho, 2007.

STOTER, J.E. Generalisation: The Gap Between Research and Practice. **8th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation.** La Corunã, Espanha, 2005.

SWISS SOCIETY OF CARTOGRAPHY. **Maps Graphics and Generalisation.** Cartographic Publication Series no 17, 2002.

TAURA, T.A. **Estudo da Sim para Cartas nas Escalas 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000 de Mapeamento Urbano do PARANACIDADE e Generalização Cartográfica.** 93 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2007.

TAURA, T.A. Experiência de Generalização Cartográfica em Edificações. In: **V Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas.** Presidente Prudente, 2007. p 210-215.

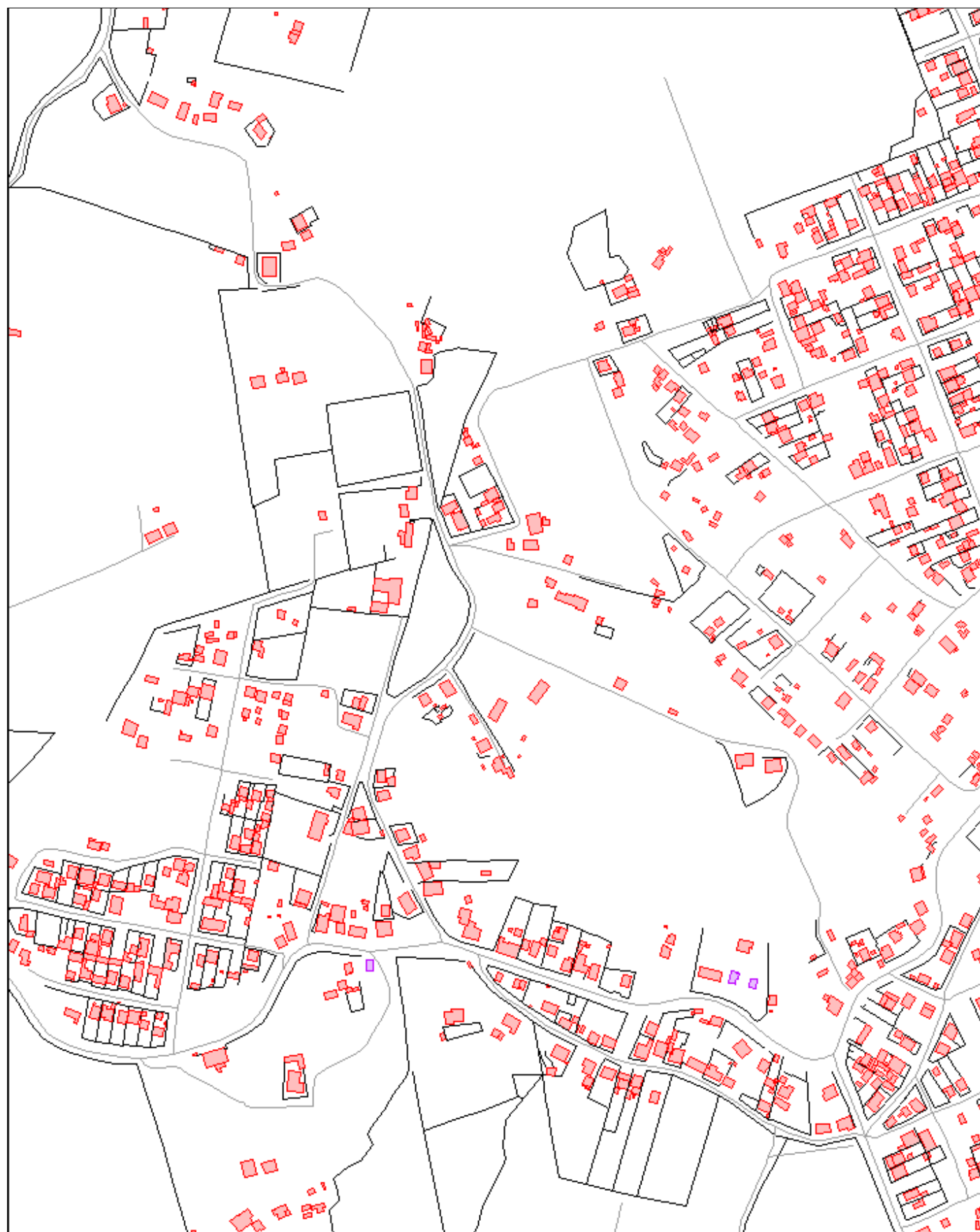
WARE, J.M.; JONES, C.B. Conflict Reduction in Map Generalization Using Iterative Improvement. **Geoinformatica.** y 2, n. 4, 1998. p 383-407.

WATERMAN, D.A. **A Guide to Expert Systems.** Nova York: Addison Wesley Publishing Company, 1986.

APÊNDICE 1 - RECORTE DA ÁREA DE ESTUDO 01 - MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO OESTE



APÊNDICE 2 - RECORTE DA ÁREA DE ESTUDO 02 - MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO LESTE



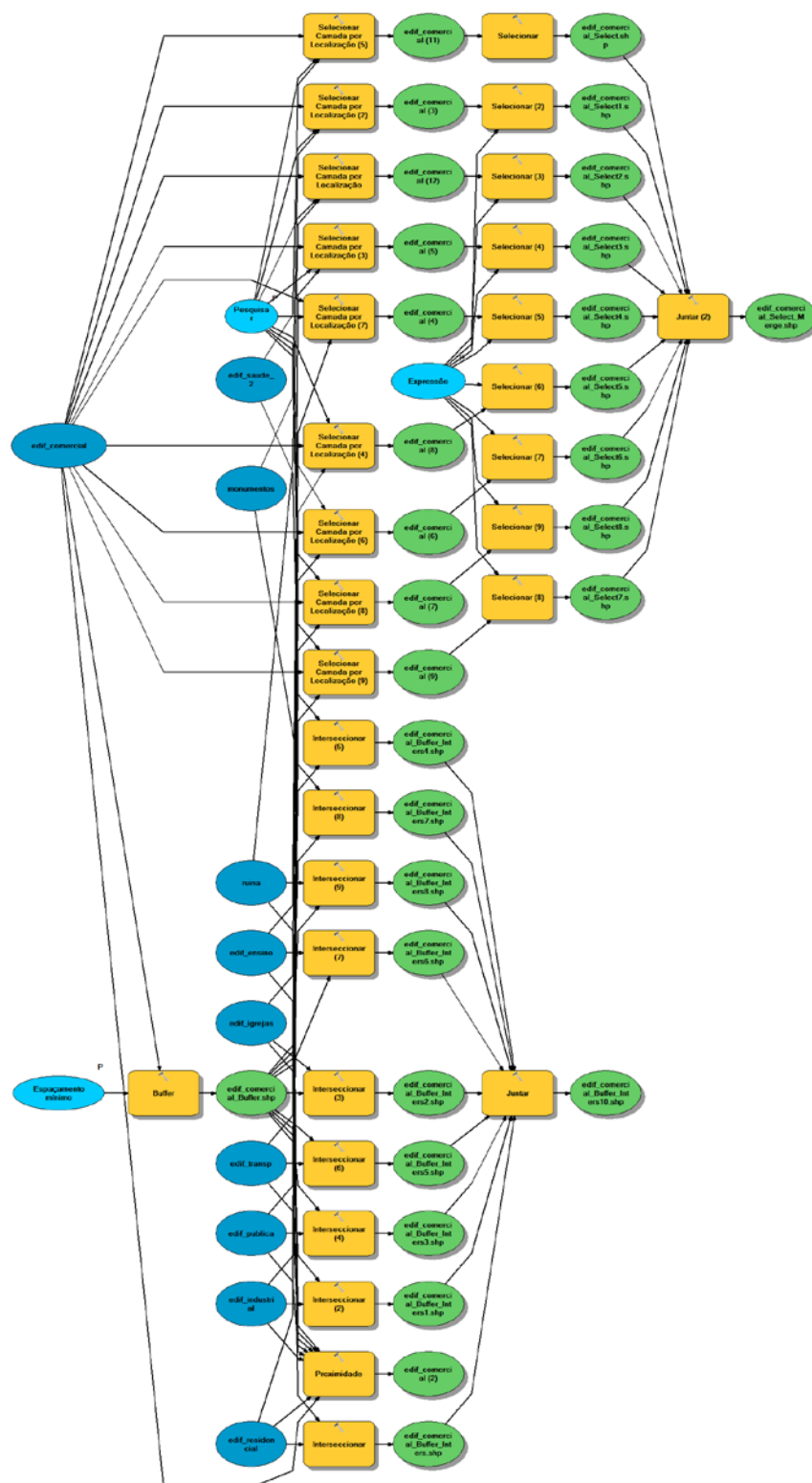
APÊNDICE 3 - RECORTE DA ÁREA DE ESTUDO 03 - MUNICÍPIO DE PINHAIS OESTE

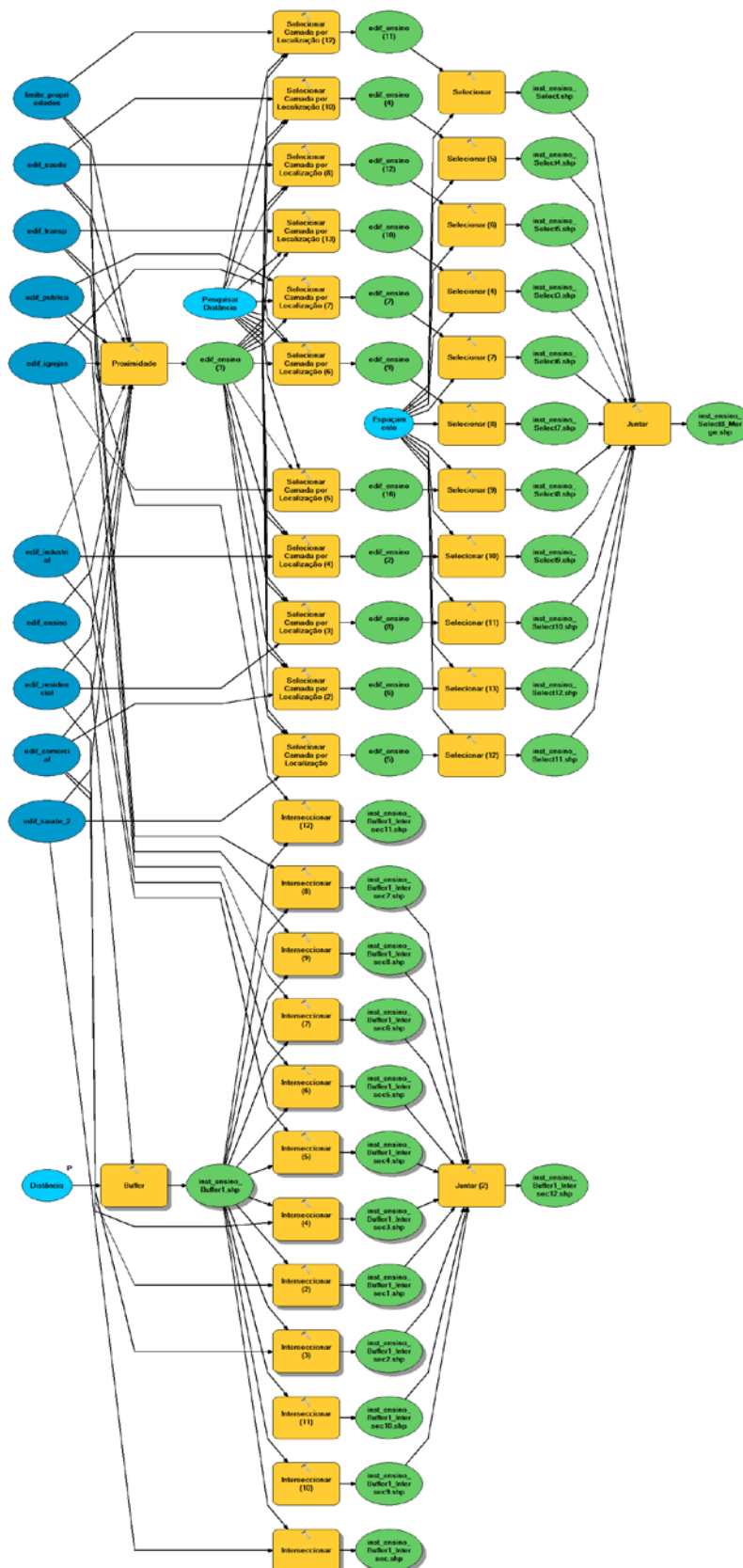


APÊNDICE 4 - RECORTE DA ÁREA DE ESTUDO 04-MUNICÍPIO DE PINHAIS NORTE

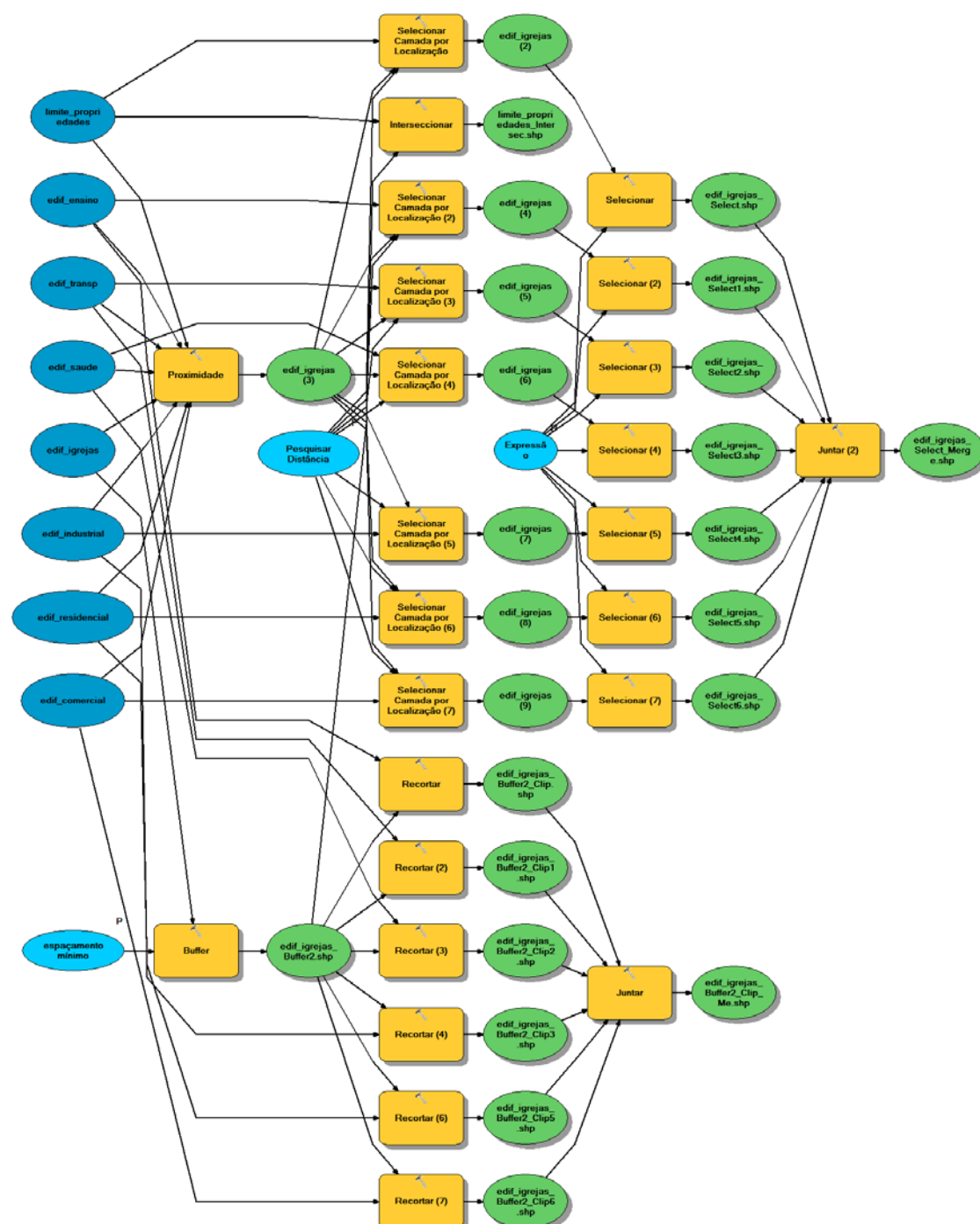


APÊNDICE 5 – MODELO PARA A DETECÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONGESTIONAMENTO E COALESCÊNCIA – EDIFICAÇÕES COMERCIAIS

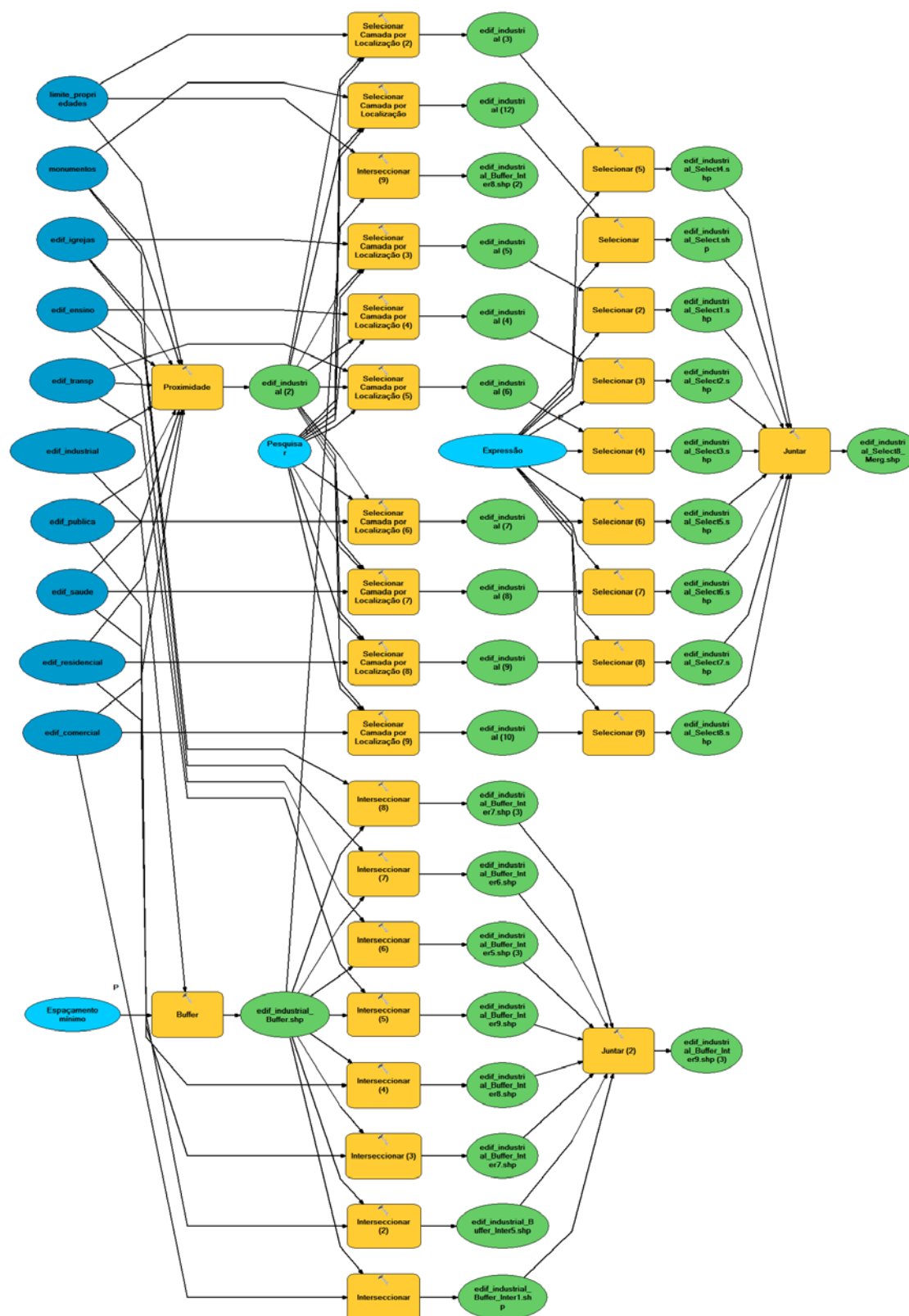


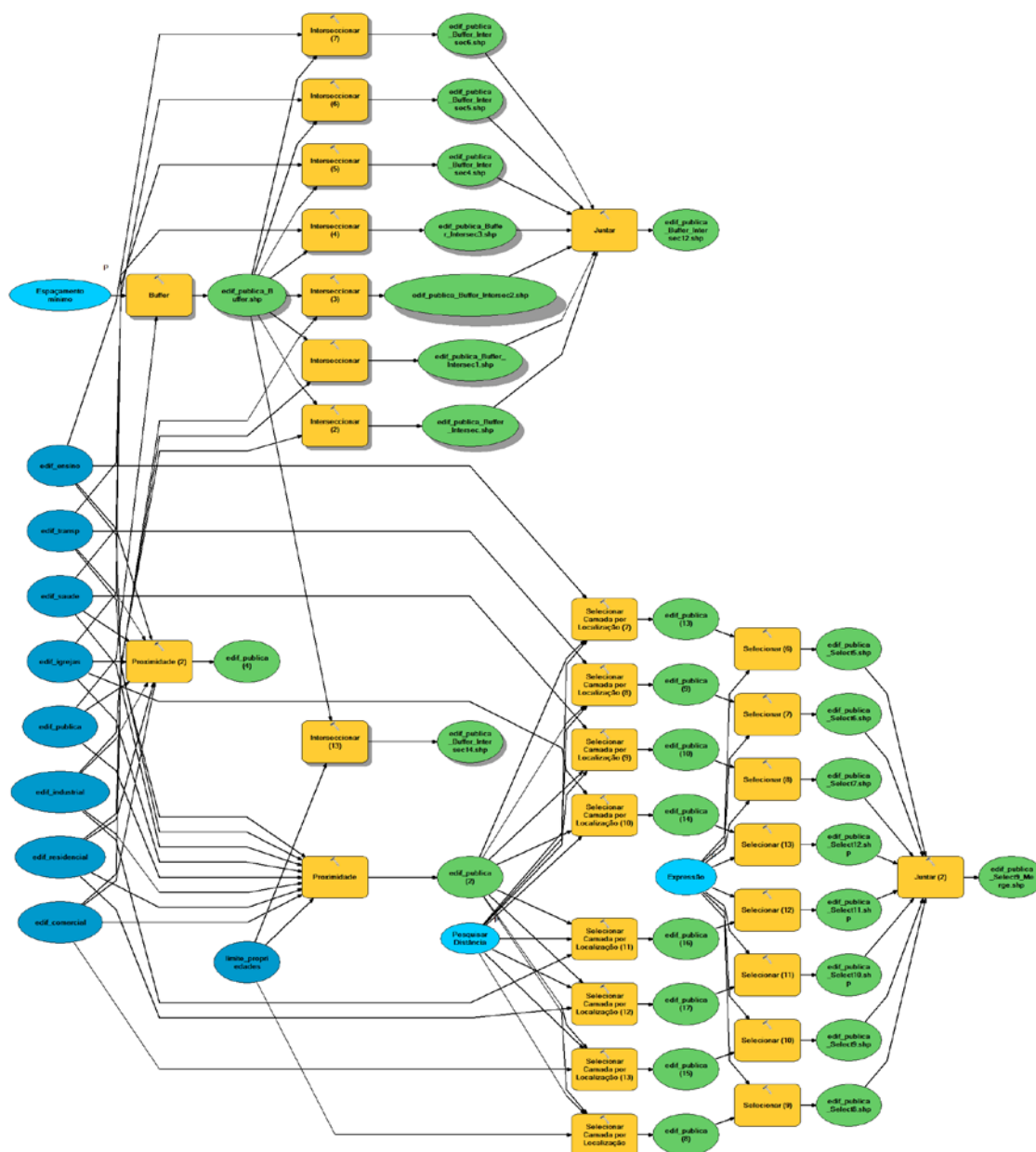


APÊNDICE 7 - MODELO PARA A DETECÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONGESTIONAMENTO E COALESCÊNCIA – EDIFICAÇÕES RELIGIOSAS

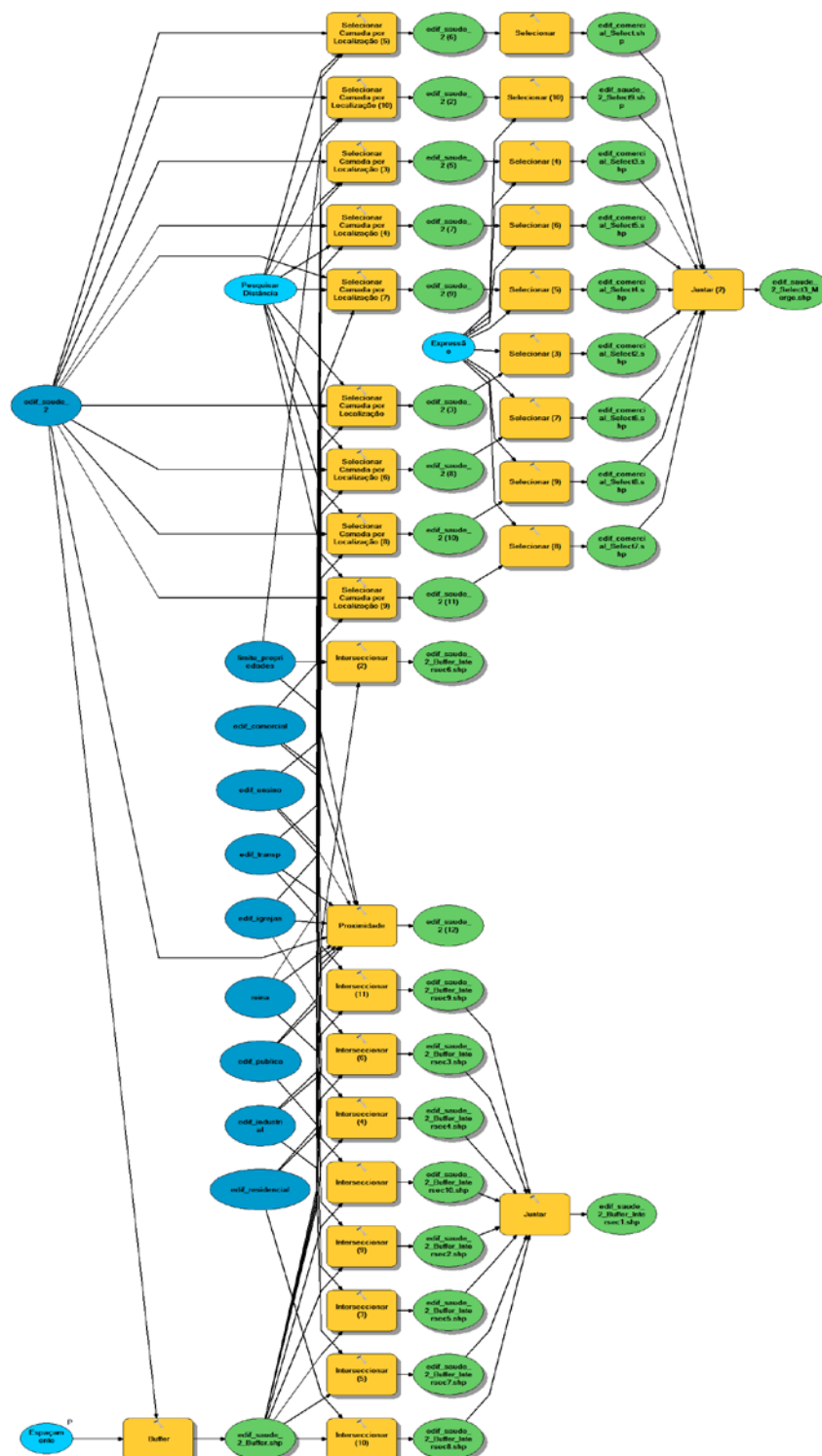


APÊNDICE 8 - MODELO PARA A DETECÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONGESTIONAMENTO E COALESCÊNCIA – EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS

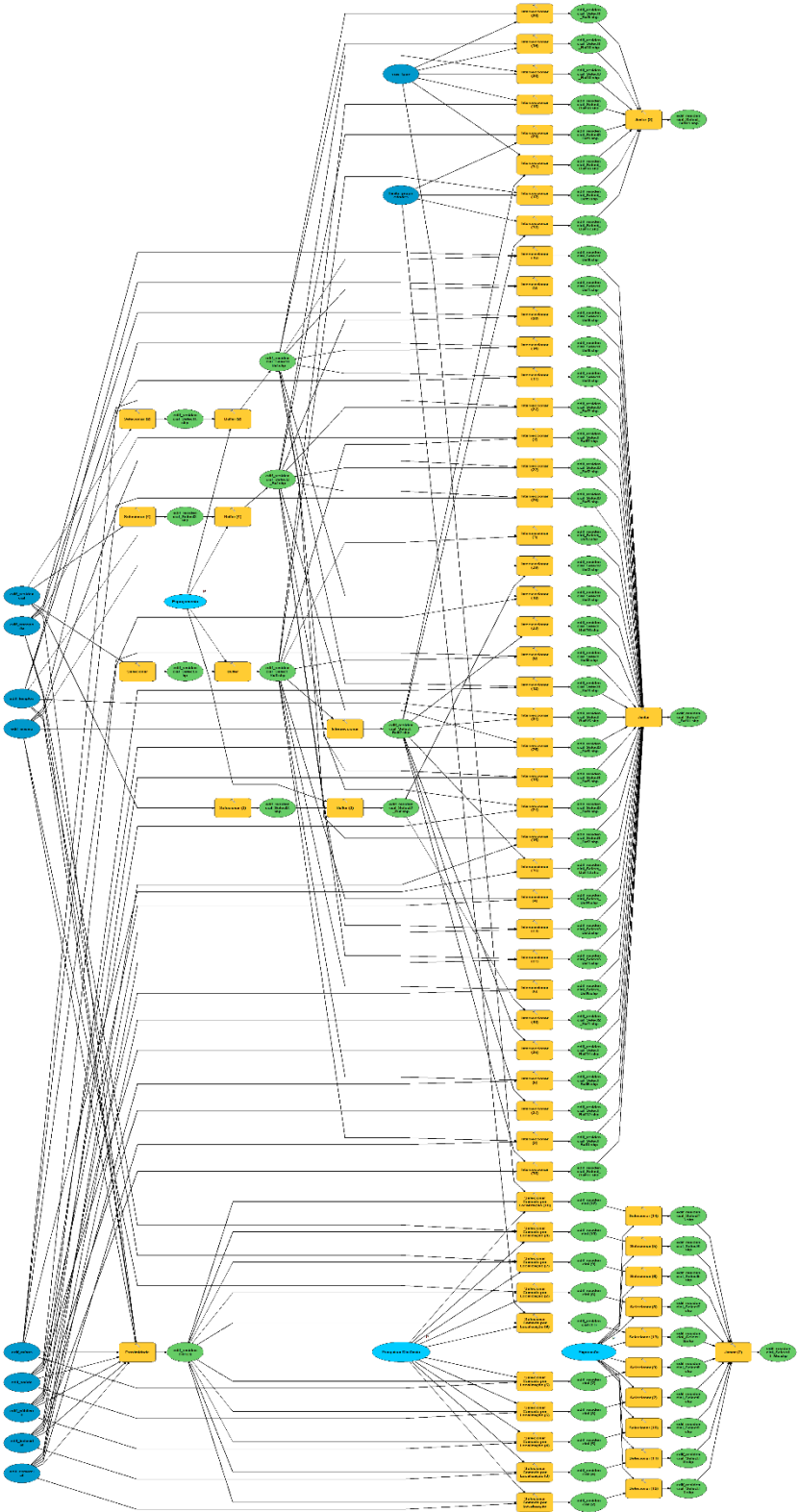




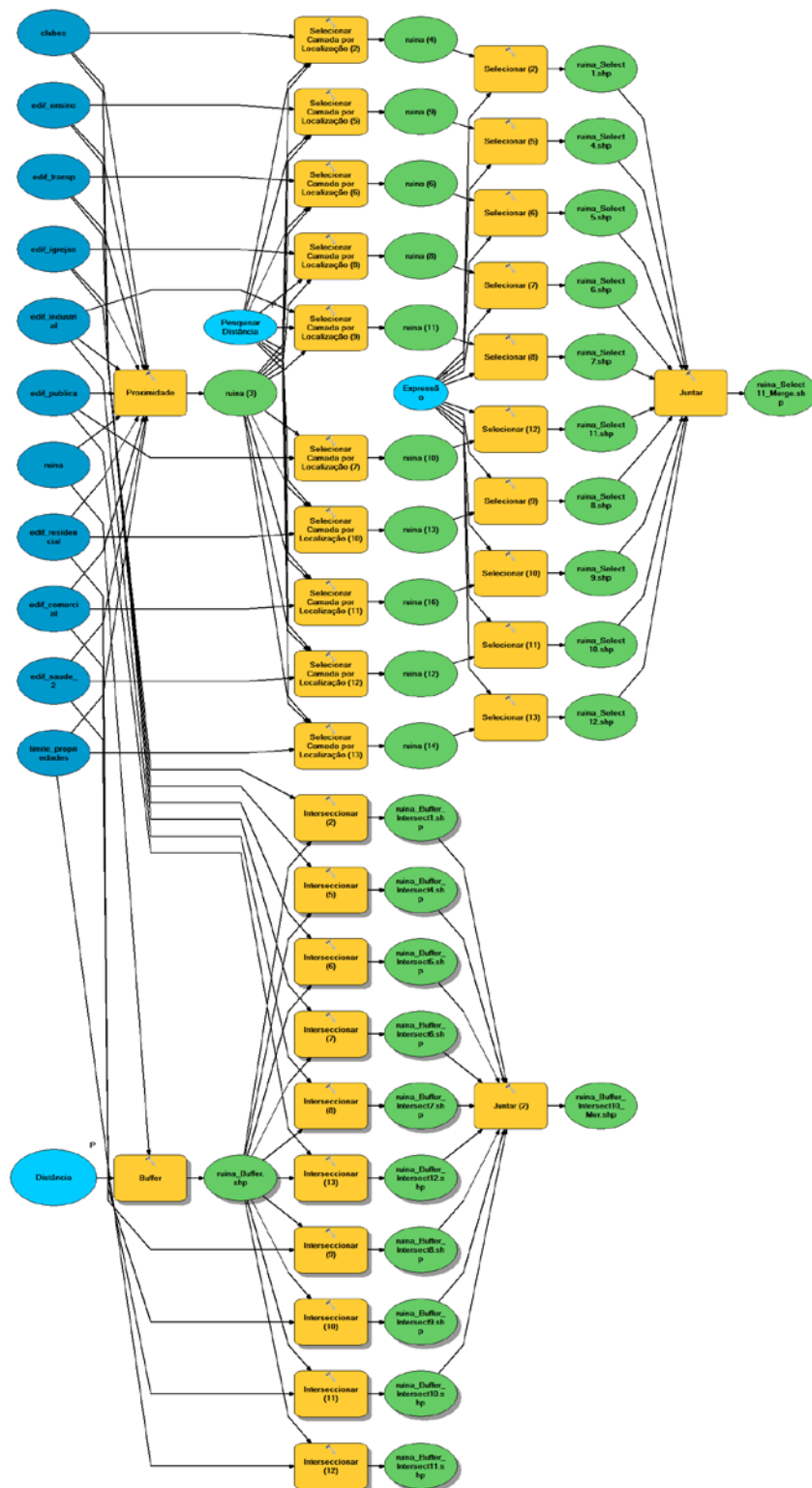
APÊNDICE 10 - MODELO PARA A DETECÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONGESTIONAMENTO E COALESCÊNCIA – EDIFICAÇÕES DE SAÚDE



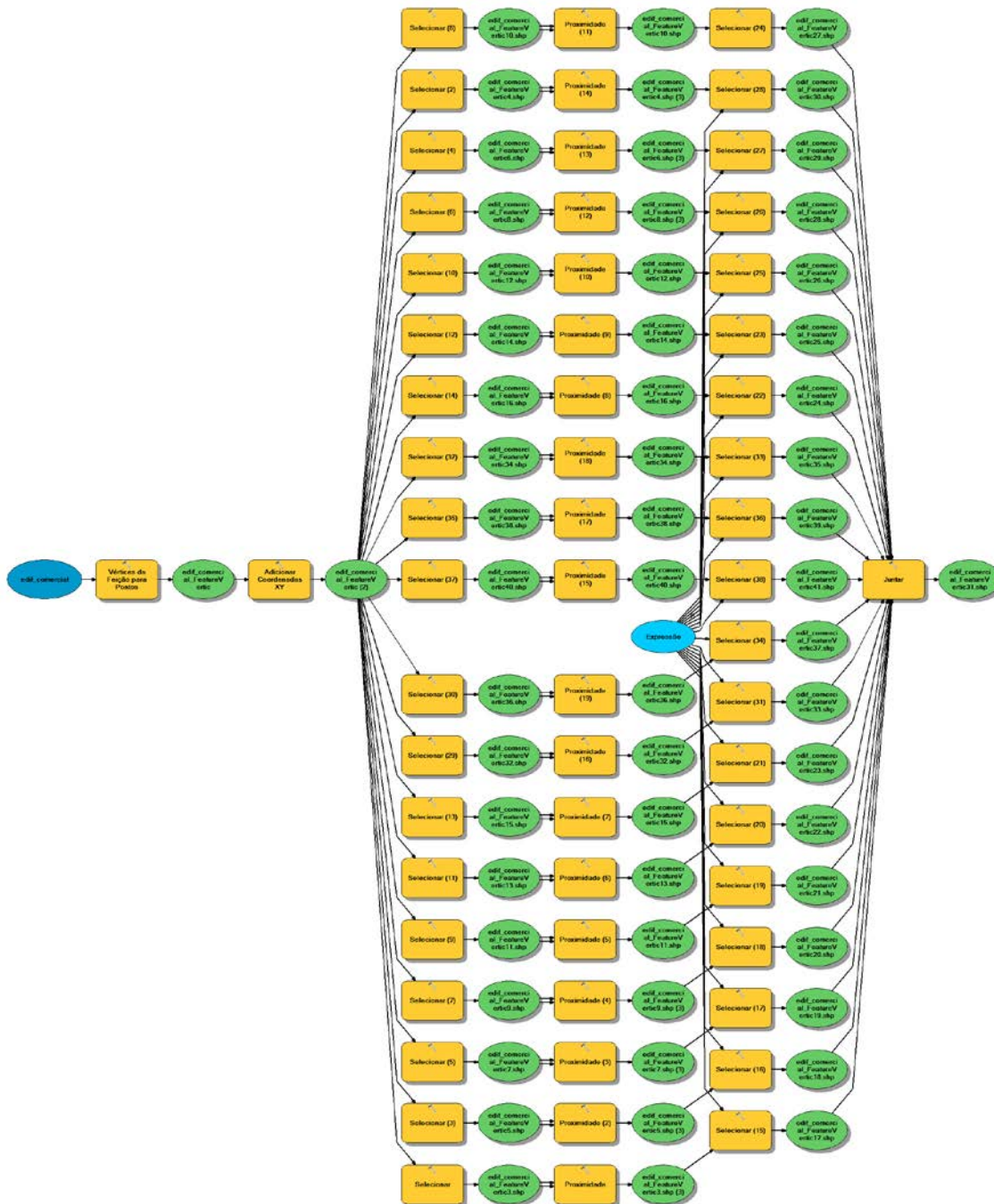
APÊNDICE 11 - MODELO PARA A DETECÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONGESTIONAMENTO E COALESCÊNCIA – EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS



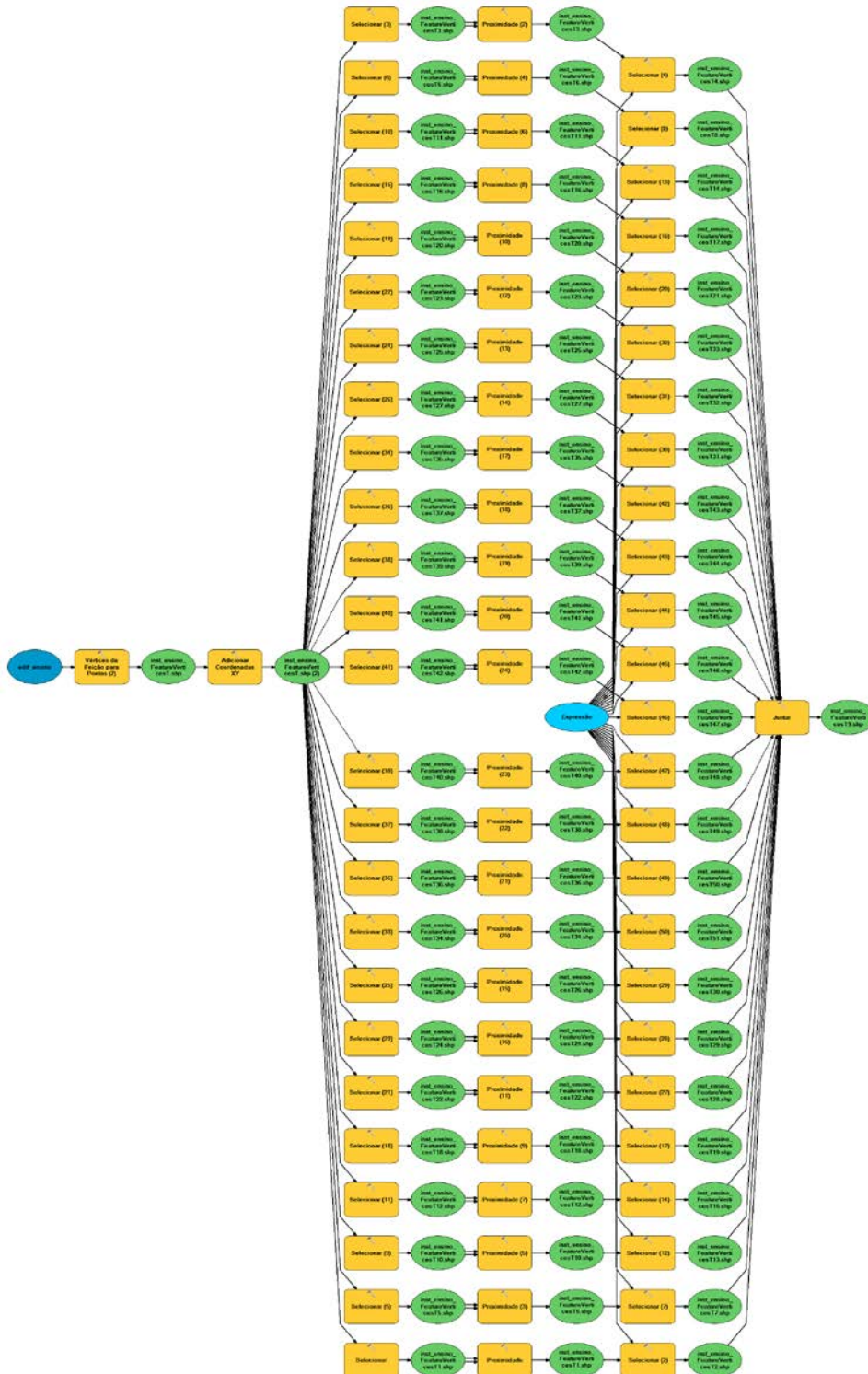
APÊNDICE 12 - MODELO PARA A DETECÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONGESTIONAMENTO E COALESCÊNCIA – RUÍNAS



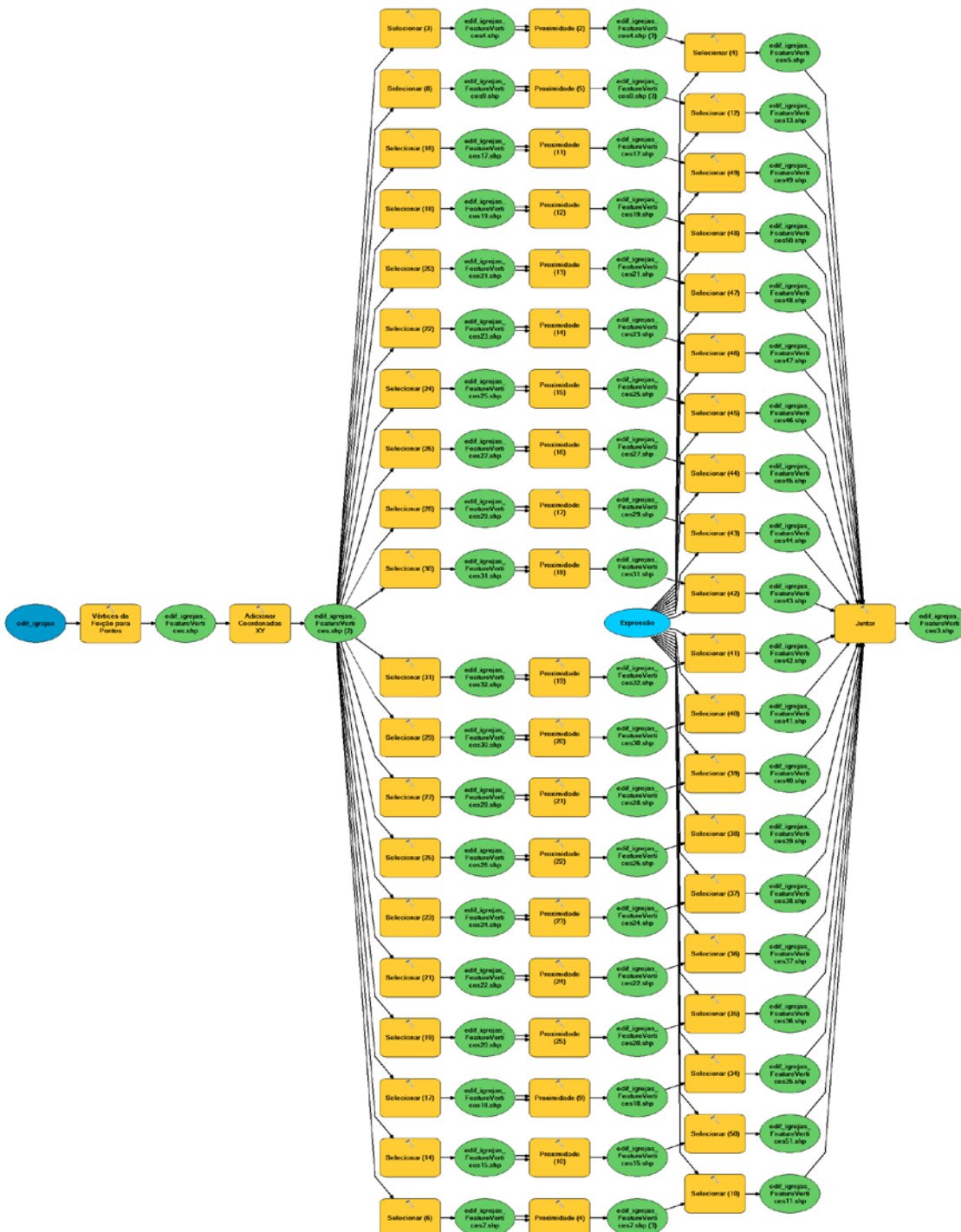
APÊNDICE 13 – MODELO PARA A DETECÇÃO DA CONDIÇÃO DE IMPERCEPTIBILIDADE – EDIFICAÇÕES COMERCIAIS



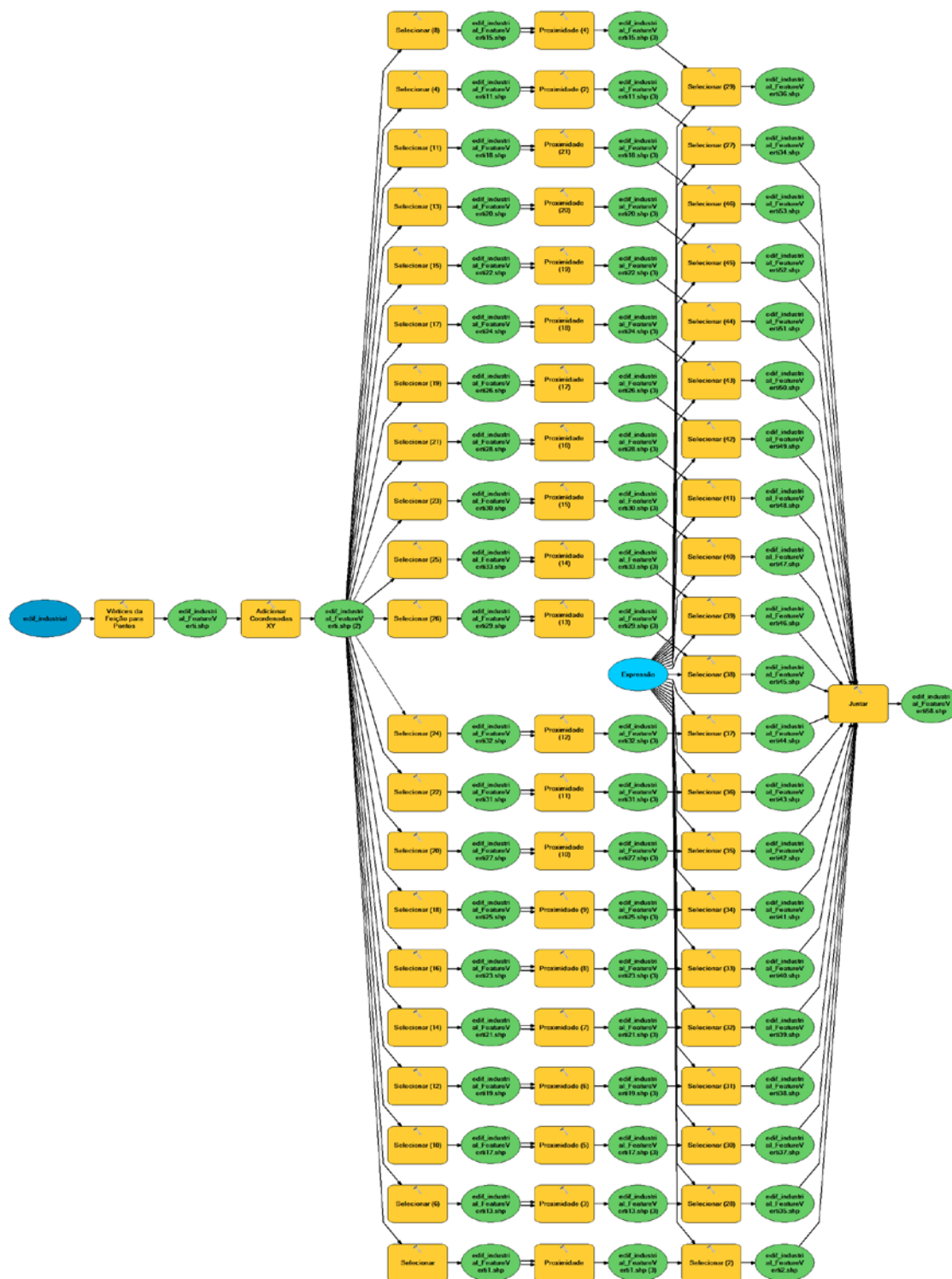
APÊNDICE 14 – MODELO PARA A DETECÇÃO DA CONDIÇÃO DE IMPERCEPTIBILIDADE – EDIFICAÇÕES DE ENSINO



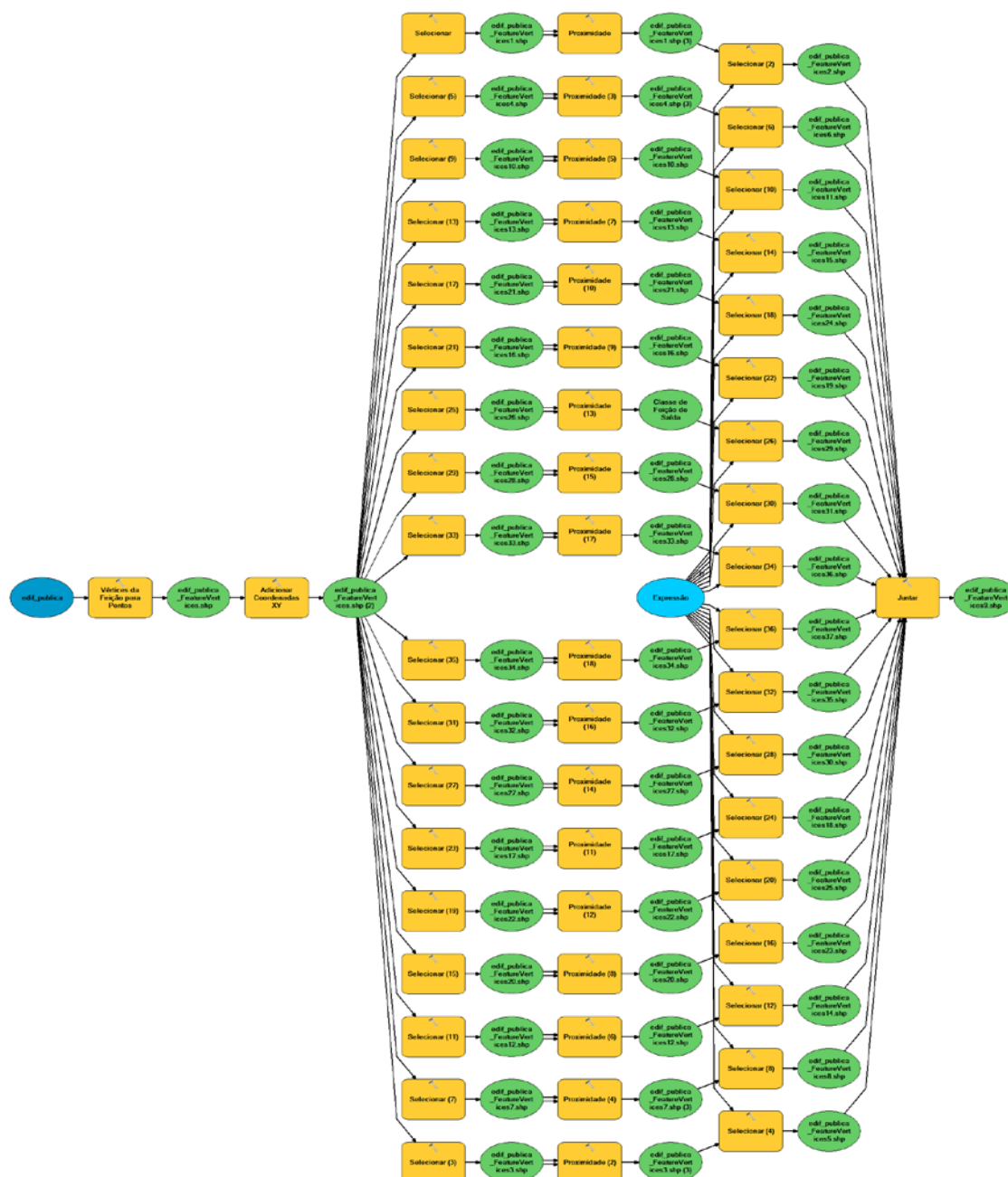
APÊNDICE 15 – MODELO PARA A DETECÇÃO DA CONDIÇÃO DE IMPERCEPTIBILIDADE – EDIFICAÇÕES RELIGIOSAS



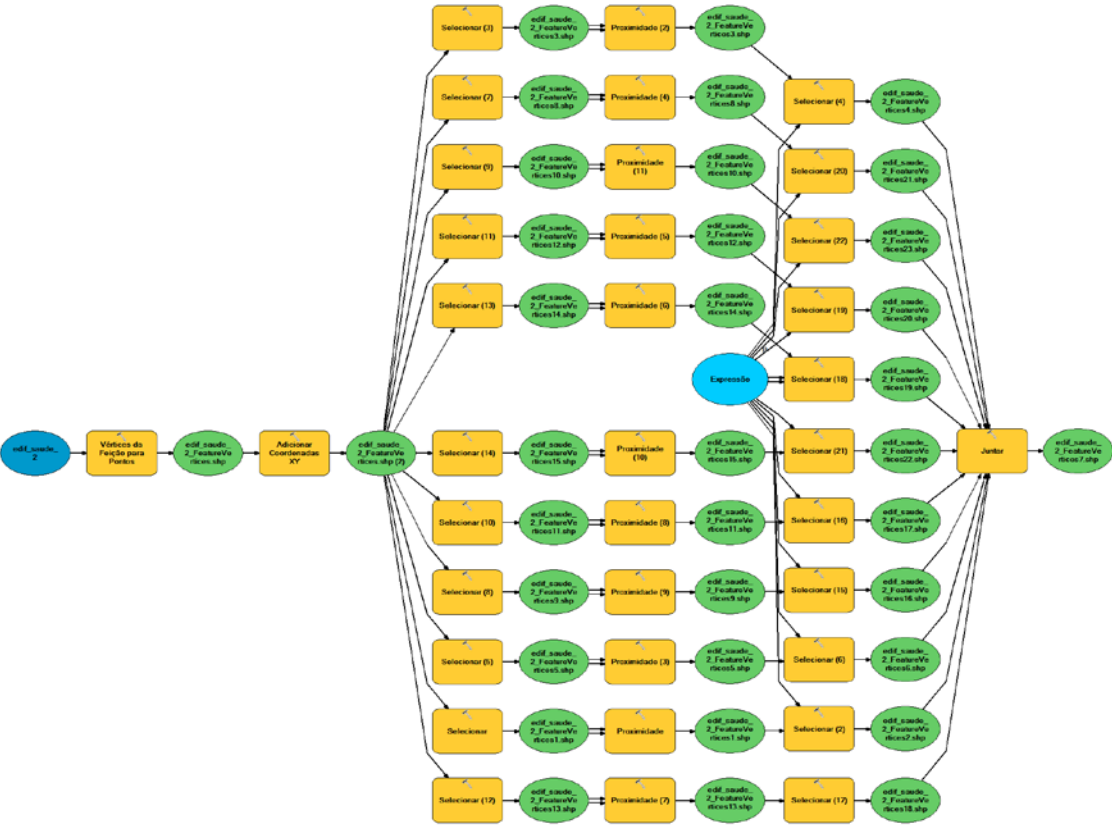
APÊNDICE 16 - MODELO PARA A DETECÇÃO DA CONDIÇÃO DE IMPERCEPTIBILIDADE – EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS



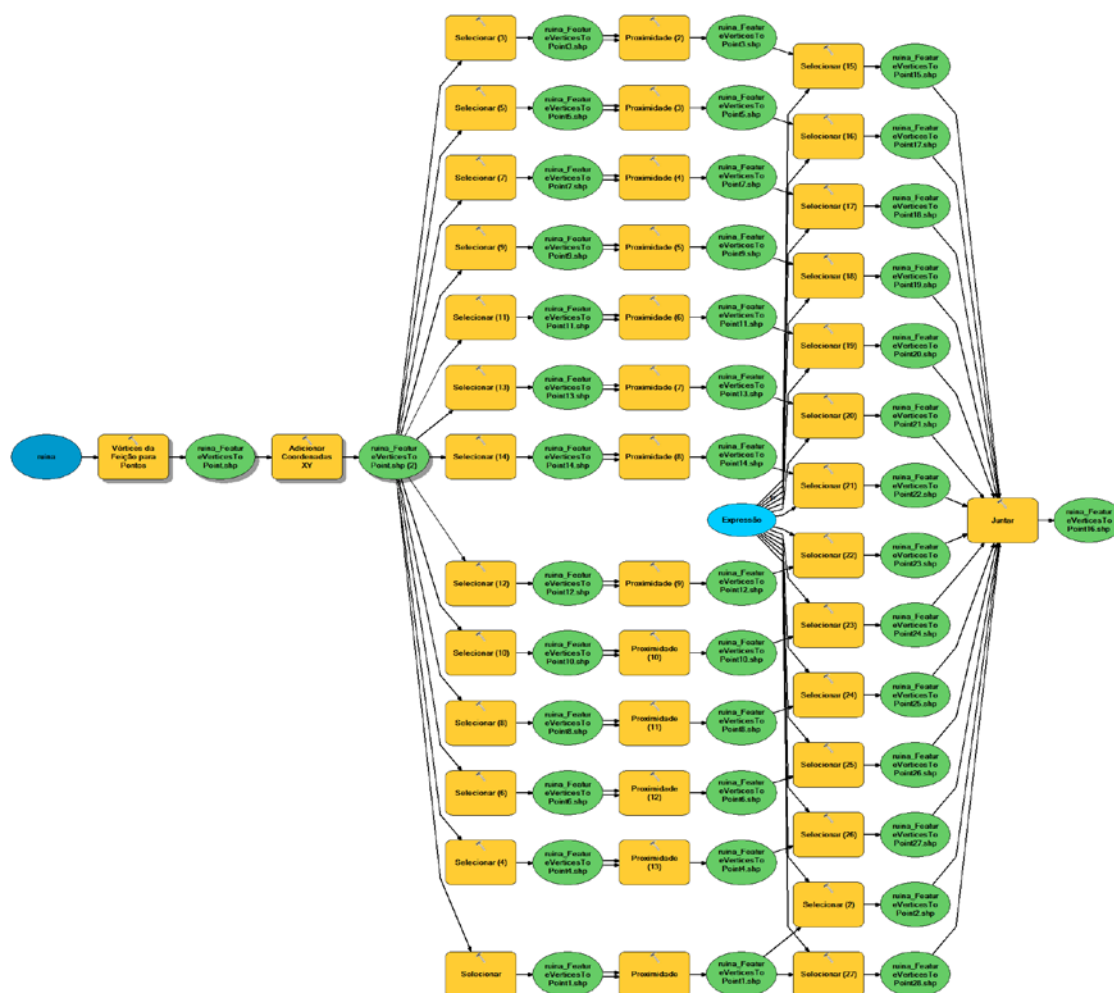
APÊNDICE 17 - MODELO PARA A DETECÇÃO DA CONDIÇÃO DE IMPERCEPTIBILIDADE – EDIFICAÇÕES PÚBLICAS
























APÊNDICE 18 - MODELO PARA A DETECÇÃO DA CONDIÇÃO DE IMPERCEPTIBILIDADE – EDIFICAÇÕES DE SAÚDE



APÊNDICE 19 - MODELO PARA A DETECÇÃO DA CONDIÇÃO DE IMPERCEPTIBILIDADE – EDIFICAÇÕES DE RUÍNAS



SIMBOLOGIA – EDIFICAÇÕES																
CLASSE	FEIÇÃO	PRIMITIVA GRÁFICA	Preenchimento		Contorno			Fonte				Símbolo Pontual				
			RGB	Exemplo	RGB	Espessura	Exemplo	Cor	Fonte	Tamanho	Conteúdo do Texto	Exemplo Fonte	Cor	Tamanho (mm)	Espessura	Exemplo
EDIFICAÇÕES	Residenciais	A	255,190,190		255,0,0	0,18 mm		-	-	-	-	-	-	-	-	
	Comerciais de pequeno porte	A	255,190,190		255,0,0	0,18 mm		-	-	-	-	-	-	-	-	
	Bancos	A	255,190,190		255,0,0	0,18 mm		-	-	-	-	-	255,0,0	6		
	Orfanatos	A	255,190,190		255,0,0	0,18 mm		0,0,0	Arial	6	Nome da Instituição	ORFANATO	-	-		
	Asilos e Casas de Repouso;	A	255,190,190		255,0,0	0,18 mm		0,0,0	Arial	6	Nome da Instituição	ASILO	-	-		
EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS	Edificações Industriais, Galpões, Silos, Barracão Industrial e Armazéns	A	156,156,156		0,0,0	0,18 mm		0,0,0	Arial	6	Nome da Indústria	BOSCH	-	-		
	Chaminés	P	-	-	-	-		0,0,0	Arial	6	CH	-	0,0,0	4		
EDIFICAÇÕES ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA	Edificações Administração Pública	A	232,190,255		197,0,255	0,18 mm		0,0,0	Arial	6	Nome da Instituição Pública	PREFEITURA	-	-		
INSTITUIÇÕES DE ENSINO	Instituições de ensino	A	255,190,190		255,0,0	0,18 mm		0,0,0	Arial	6	Nome da Instituição	COLÉGIO ESTADUAL DO PARANÁ	0,0,0	4		
TEMPLOS RELIGIOSOS	Templos religiosos; Edificações do cemitério e capelas mortuárias.	A	255,190,190		255,0,0	0,18 mm		0,0,0	Arial	6	Nome do Local	IGREJA SÃO JOÃO	0,0,0	4		
HOSPITAIS, POSTOS DE SAÚDE, CLÍNICAS.	hospitais, clínicas e postos de saúde	A	255,190,190		255,0,0	0,18 mm		0,0,0	Arial	6	Nome da Instituição	HOSPITAL PEQUENO PRÍNCIPE	255,0,0	4		
DESPORTOS E LAZER	Edificação do Estádios	A	232,190,255		197,0,255	0,18 mm		0,0,0	Arial	6	Nome do Estádio	MARACANA	-	-		
	Edificação do Ginásios	A	232,190,255		197,0,255	0,18 mm		0,0,0	Arial	6	Nome do Ginásio	CENTRO ESPORTIVO	-	-		
	Edificações de complexos recreativos	A	232,190,255		197,0,255	0,18 mm		-	-	-	-	-	-	-		
	Edificação do Autódromo	A	255,190,190		255,0,0	0,18 mm		-	-	-	-	-	-	-		
	Edificação do kartódromo	A	255,190,190		255,0,0	0,18 mm		-	-	-	-	-	-	-		
	Edificação do hipódromo	A	255,190,190		255,0,0	0,18 mm		-	-	-	-	-	-	-		
REFERÊNCIAS COMERCIAIS	Mercados municipais	A	255,211,127		230,125,0	0,18 mm		0,0,0	Arial	6	Nome do Mercado	MERCADORAMA	-	-		
	Supermercados	A	255,211,127		230,125,0	0,18 mm		0,0,0	Arial	6	Nome do Supermercado	BIG	-	-		
	Shoppings centers	A	255,211,127		230,125,0	0,18 mm		0,0,0	Arial	6	Nome do Shopping	SHOPPING	-	-		

ANEXO 2 - SIMBOLOGIA PROPOSTA PARA CARTAS TOPOGRÁFICAS DO PARANÁ – CLASSE VIAS

CLASSE	FEIÇÃO	PRIMITIVA GRÁFICA	Preenchimento		Exemplo	Contorno			Exemplo	Fonte					Símbolo Pontual					Exemplo			
			RGB	Estilo Área		RGB	Espessura	Estilo Linha		Cor	Fonte	Tamanho	Conteúdo do Texto	Exemplo Fonte	Tipo	Fonte	Código / Nome	Cor	Tamanho (mm)		espessura (mm)		
RODOVIAS	Caminho, trilhas e picadas	L	-	-	-	255,0,0	0,18	caminho		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Rodovia em Construção	L	-	-	-	255,0,0	0,25	em_constr		255,0,0	Arial / Maiúscula	8	RODOVIA EM CONSTRUÇÃO	RODOVIA EM CONSTRUÇÃO	-	-	-	-	-	-			
	Não Pavimentada	L	-	-	-	255,0,0	0,25	não_pavimentada		255,0,0	Arial / Maiúscula	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
	Pavimentada	L	-	-	-	255,0,0	0,25	contínuo		255,0,0	Arial / Maiúscula	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
	Federal	P	-	-	-	-	-	-	-	255,0,0	Arial / Maiúscula	6	Nº DA RODOVIA	116	-	0,0,0	3,9 X 4,00	0,18					
	Estadual	P	-	-	-	-	-	-	-	255,0,0	Arial / Maiúscula	6	Nº DA RODOVIA	40	-	0,0,0	R=2,00	0,18					
	Municipal	P	-	-	-	-	-	-	-	255,0,0	Arial / Maiúscula	8	NOME DA RODOVIA	RODOVIA DA UVA	-	-	-	-	-	-	-		
OBRAS DE ARTE	Túneis	L / P	-	-	-	0,0,0	0,25	tunel		0,0,0	Arial / Maiúscula	6	NOME DA OBRA DE ARTE	TÚNEL A	-	0,0,0	1,4 x 2,00	0,25					
	Pontes	L / P	-	-	-	0,0,0	0,25	contínuo		0,0,0	Arial / Maiúscula	6	NOME DA OBRA DE ARTE	PONTE A	-	0,0,0	1,4 X 2,00	0,25					
	Viadutos	L / P	-	-	-	0,0,0	0,25	contínuo		0,0,0	Arial / Maiúscula	6	NOME DA OBRA DE ARTE	VIADUTO DOS PADRES	-	0,0,0	1,4 X 2,00	0,25					
	Passagem de nível	L / P																		?			
	Pinguelas (comprimento <= a 4m)	L / P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0,0	3,4 x 1,4	0,25					
	Pinguelas (comprimento > que 4m) traçada no eixo	L / P	-	-	-	0,0,0	0,25	contínuo		-	-	-	-	-	-	0,0,0	0,7 x1,4	0,25					
	Passarelas - traçaça no eixo	L	-	-	-	230,230,0	1	contínuo		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Passagem a Vau	P	-	-	-	0,0,0	0,25	tunel		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
PISTAS DE POUSO DE TRANSPORTES AÉREOS	Helipontos ou heliportos	A / P	255,255,255	-		0,0,0	0,25	contínuo		0,0,0	Arial / Maiúscula	6	H	H	-	0,0,0	4,00 x 3,50	0,18					
	Campos de Emergência	A / P	255,255,255	-		0,0,0	0,25	contínuo		-	-	-	-	-	-	255,0,0	4,00 x 4,00	0,18					
	Aeroporto	A / P	255,255,255	-		0,0,0	0,25	contínuo		-	-	-	-	-	-	0,0,0	4,00 x 4,00	0,18					
	Campo de Pouso	A / P	255,255,255	-		0,0,0	0,25	contínuo		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
ARRUAMENTOS	Pavimentada	A	204,204,204	-		-	-	-		0,0,0	Arial / Maiúscula	6	NOME PRÓPRIO (CENTRALIZADA NOEIXODA VIA)	RUA BARÃO DO RIO BRANCO	-	-	-	-	-	-	-		
	Não Pavimentada	A	255,218,286	-		-	-	-							-	-	-	-	-	-	-	-	
	Com Meio Fio	L	-	-	-	0,0,0	0,18	contínuo							-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sem Meio Fio	L	-	-	-	0,0,0	0,18	contínuo							-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Canteiro Central	A	-	-	-	0,0,0	0,18	sem meio fio							-	-	-	-	-	-	-	-	-
CICLOVIA	Ciclovía	L																					
FERROVIAS	Ferrovia	L	-	-	-	0,0,0	0,18	-		0,0,0	Arial / Maiúscula	6	NOME PRÓPRIO										
	Pátio Ferroviário	A	255,255,255	-		0,0,0	0,25	contínuo		0,0,0	Arial / Maiúscula	6	PT	PT									
	Girador Ferroviário	A	255,255,255	-		0,0,0	0,18	contínuo		0,0,0	Arial / Maiúscula	6	GF	GF									
OBRAS PORTUÁRIAS E COSTEIRAS	Porto	A	255,255,255	-		0,0,0	0,25	contínuo		0,0,0	Arial / Maiúscula	8	NOME PRÓPRIO	PORTO DE PARANAGUÁ		0,0,0	3,0 X 8,5	0,18					
	Cais	A	255,255,255	-		0,0,0	0,25	contínuo															
	Pier	A																					
	Trapiche	A																					
	Molhe de Abracção	A																					
	Rampa	A																					
CAMINHO AÉREO	Funicular ou Caminho Aéreo (teleférico)	L																					